植物保護學會會刊 41：9～34, 1999

臺灣光復後水稻害蟲之發生演變及防治研究之回顧

鄭清煥[1] 朱耀沂[2]

1.嘉義市 臺灣省農業試驗所嘉義分所植物保護系
2.臺北市 國立臺灣大學昆蟲學系

(接受日期：87年1月5日)

摘 要

鄭清煥、朱耀沂 1999 臺灣光復後水稻害蟲之發生演變及防治研究之回顧 植保會刊 41：9-34.

自 1945 年臺灣光復後，臺灣地區水稻生產隨社會環境之演變，歷經復原期、增產期、輝煌期及轉作期；在每一生產期，主要稻蟲之發生及防治策略，隨稻作之耕作方式以及社會環境資源而變更。在光復後初期，水稻害蟲以三化螟、鐵甲蟲、負泥蟲及飛蝨、葉蟬類爲最重要；前兩種在 1950 年代因合成氯化烴類及有機磷殺蟲劑之廣泛使用，以及水稻栽培時期漸趨整齊而成爲潛在害蟲，但卻因農藥的過度使用及水稻品種與耕作方式的改變而引起黑尾葉蟬、二化螟、褐飛蝨、稻心蠅、瘤野螟、稻細蟎以及斑飛蝨等之相繼嚴重發生。褐飛蝨及瘤野螟等長距離遷移性害蟲之發生豐度除受本地蟲害管理方式影響外，更受臺灣臨近地區遷出蟲量所左右。此外，福壽螺以及水稻水象鼻蟲之侵入亦對臺灣水稻生產形成相當程度之衝擊。在水稻害蟲防治，於 1950 年至 1970 年代以藥劑防治研究爲主，但由於過度依賴藥劑防治而衍生害蟲抗藥性、毒殺天敵及引起害蟲再猖獗等現象。有鑑於此，於 1970 年代中期逐漸探索減少農藥使用頻度技術，如害蟲取樣技術，經濟危害基準及防治適期之訂定，以及抗蟲品種之培育與應用等，而於 1980 年代初步建立水稻害蟲綜合防治架構，僅依據經濟危害基準及防治適期，或僅栽植抗蟲品種，即可使藥劑之使用降低一半以上。1990 年代更因社會結構改變，稻作漸趨粗放栽培，選擇性農藥相繼問世及主要害蟲發生預測技術之建立，使藥劑之使用更減少，在一季稻作中往往只需施藥 1 至 2 次即足以抑制害蟲造成經濟危害。本文回顧臺灣過去 50 餘年來水稻主要害蟲之發生演變，並探討其可能之原因，以及在這一期間水稻害蟲防治策略之進展。

(關鍵詞：水稻害蟲、防治措施、研究沿革)

前　言

稻米是臺灣地區之主要糧食作物，在1945年臺灣光復後，由於人口急速增加，糧食需求孔急，水稻之栽植面積由光復前之64萬公頃增至1951年之79萬公頃，約佔可耕地面積之43%；其後一直維持在70萬頃以上，直至1980年由於工商發展，國人對稻米之消耗量降低，稻米之栽培面積始逐年下降。1996年之栽培面積僅剩35萬公頃，約佔可耕地面積之20%左右[114, 124]。水稻在臺灣農業中之重要性雖較以往沒落，但因水稻肩負安定民生及社會安寧，並具生態保育及環境之維護功能，相信今後仍將在臺灣農業上扮演重要的角色。

回顧過去50餘年來，臺灣水稻發展史，植物保護工作亦佔有重要之席位。由於臺灣位於亞熱帶，高溫多濕，極適病、害蟲繁衍滋生，常釀成嚴重災害[156, 178]。在確保軍糈民糧，一切以糧食增產為目標的時代，許多植物保護先進盡心盡力開創業績，在臺灣植物保護史上留下不可磨滅的一頁。事實上，在臺灣有關農業的許多研究都針對水稻而發展出來的，植物保護的研究工作也是如此，惜有關之報告分散發表於各種刊物，難窺其全貌。際此水稻的重要性在社會大環境變動下日趨下降時，本文謹就臺灣過去50餘年來，水稻害蟲之演變以及防治研究之沿革，按水稻栽培之發展時期，擇其較重要者，彙集成篇，以供日後研究參考。

光復初期（1945至1949年）－從戰後的廢墟中站起來

臺灣於1945年光復，由於遭受戰爭之蹂躪，農村經濟凋蔽，百廢待舉，恢復糧食生產以供軍糈民糧，安定社會，是為國家施政重點。在此一期間，水稻之害蟲據當時臺灣省行政長官公署農林科[119]及王鼎定氏[6, 7]之報告，主要者有三化螟、鐵甲蟲、負泥蟲、浮塵子（鳶尾浮塵子及白背浮塵子）、稻螟蛉、稻苞蟲、粟夜盜蟲、縱捲葉蟲、稻椿象、臺灣飛蝗及鹽水蜈蚣等，其中以三化螟、鐵甲蟲及浮塵子發生最為嚴重。對此等害蟲之防治措施大體沿用日據時代之辦法：如對三化螟以獎勵摘卵塊放置於寄生蜂保護器以行生物防治，或行拔除枯心、白穗，掘除稻根等辦法；對鐵甲蟲則獎勵養鴨捕食；對浮塵子採用滴油掃落或使用除蟲菊粉、乳劑或蒂利斯乾根（魚藤根）防治；對稻苞蟲以使用竹梳梳開葉片殘殺；負泥蟲則使用砒酸鈣防治[37, 121, 122]。

臺灣光復後初期，植物保護最值得一提的是對鹽水蜈蚣的有效防治[7]。鹽水蜈蚣（土名）(*Tylorrhynchus heterochaetus* (Quatrefages))，又稱禾蟲，屬於環形動物(Annelida)，毛足綱(Chaetopoda)，多毛目(Polychaeta)，沙蠶科(Nereidae)。1945年至1950年代初，在宜蘭縣頭城及礁溪兩鄉之濱海地區，每年遭受鹽水蜈蚣嚴重為害之水稻達千餘公頃。據記載，此種有害動物在該地區為害已達五十餘年(日本佔據臺灣後30年左右即發現其為害)，只是未受當局重視。光復後由農林處經數年之試驗研究，於1950年發現使用菸莖撒佈田中或翻入土內，獲得顯著防治效果，隨後農民即爭先恐後自動撒佈菸莖防治，終有效地控制其為害[120]。

當年臺灣水產試驗所所長鄧火土氏對鹽水蜈蚣之生活習性有詳細之研究報告[173, 174, 175]，其後孫定國氏[72]亦有綜合性之論述。此有害動物生活於淡水或淡水與海水之混合地區，但其卵之受精，胚胎之發育及幼蟲之生長必須在海水中進行，因此每年在7月至11月之生殖期間，原生長在農田之成蟲，必須成群同時游向海水產卵，待幼蟲稍長又隨海潮移入沿海淡水區，再侵入稻田為害。在稻田，鹽水蜈蚣深居土中，穿行孔道致使稻田漏水，並咬食稻根，使稻

株倒伏枯死，災害嚴重區多行廢耕，顆粒無收。一般被害區稻穀收獲量較未受害區減少 2/3，且稻粒較輕。此一有害動物，在 1960 年代由於該地區沿海堤岸已新築改善，未再見及有關其爲害之報導。

另外值得記載的是 1946 年臺灣南部遭受臺灣飛蝗（*Locusta migratoria manilensis* Meyen）的嚴重爲害。依據臺灣省農林處[119]之報告指出：「於 9 月 12 日在潮州區枋寮鄉發生成群之蝗蟲的爲害，翌日蝗蟲成群飛翔，不久屏東區之高樹鄉、鹽埔鄉，潮州區之枋山鄉、鳳山區、岡山區及高雄市亦相繼有被蝗群爲害之報告。蝗蟲在上述地區主要爲害稻穗及烏豆，損失甚鉅，且有北上侵襲台南縣之勢。當地長官遂即下令捕殺，出動農民及國校學生，以台幣一角收購蝗蟲一頭，結果共捕得成蟲 1,130,294 隻。另於台南新化區山上鄉於 9 月上旬亦發現蝗蟲，其數約 10 萬隻以上，成群聚於乳熟期之陸稻，剪斷稻穗而影響收成。當地政府亦發動農民、學生捕捉及用竹帚拍死，並驅鴨群入田吞食，於一週內捕得成蟲約 3 萬隻，被鴨吞食者 5 萬隻。總計本年高雄、台南地區發生之蝗蟲，其數有百萬餘隻，爲害面積約 1 千 2 百餘公頃，被害減收量約百餘萬斤」。由上述之記載，可想像飛蝗爲害之烈，而此次亦爲臺灣遭受飛蝗慘烈爲害之最後一次記錄。

王鼎定氏[8]依據日本昆蟲學者素木、小泉、楚南及稻村等氏之報告綜述指出，臺灣曾於 1896、1900、1905、1914、1923、1925 及 1946 年遭受臺灣飛蝗不同程度爲害，其中以 1896、1914 及 1946 年發生爲害較爲慘烈。飛蝗侵入臺灣之時間一般於 5 月下旬至 9 月上旬間。由蝗蟲種類及其在臺灣之發生時期都出現在菲律賓蝗蟲大發生之前或後 1－2 年；從侵入期之氣流分析，推測爲害臺灣地區之飛蝗可能來自菲律賓[8]。從此段記載可知爲害臺灣作物之害蟲亦有可能由島外遷入者，此與 40 年後發現褐飛蝨、白背飛蝨等可自華南及菲律賓遷入繁殖爲害有異曲同工之妙。

水稻增產期(1950 至 1965 年)—合成殺蟲劑的引入及應用

臺灣光復初期，因戰後經濟未穩定又缺乏農藥、機械及經費枯涸，無法大量購入防蟲用資材供給農民使用，病害蟲防治工作的推行相當困難。1949 年，當時之中國農村復興委員會（美援機構）由大陸遷台，協助農業之發展。該會於 1949 年秋自國外引入 10% DDT 粉劑供農林廳在鐵甲蟲發生之花蓮富里及台東卑南等地試用，效果顯著，次年春復於台北大安、松山等地防治鐵甲蟲，深獲農民信心。1951 年復引入 1% γ-BHC 粉劑，對稻蟲—尤其是鐵甲蟲之毒殺效果優良迅速，在政府補助獎勵下，農民自 1952 年起即自動購買，開始大量使用，凡食葉性害蟲均以 DDT 及 BHC 防治之，效果極爲優異[37]。鐵甲蟲之爲害自 BHC 大量使用後即逐漸式微，爲此農民一般俗稱 BHC 爲「烏龜仔粉」，此爲臺灣開始進入使用合成殺蟲藥劑防治稻蟲之階段。

鐵甲蟲（*Hispa similis* Uhmann）（俗稱烏龜仔，屬鞘翅目，金花蟲科），自 1900 年代初期即被列名爲臺灣五大重要水稻害蟲之一，於 1937 年福田計氏發表有關本蟲之生態及防治研究報告[130]，並稱本蟲與三化螟及負泥蟲爲臺灣水稻之三大害蟲，可見其對水稻危害之嚴重性。臺灣光復後鐵甲蟲之危害仍甚嚴重，1950 年調查，全省除屏東、高雄外均有發現，爲害面積達 3 萬餘公頃，其中尤以台中縣境稻田被害最爲嚴重[20, 21]。鐵甲蟲在臺灣年發生 4-5 個世代，成蟲在 9 月中旬以後羽化者可在田邊或溝渠邊之禾本科植物（尤以李氏禾）根際越冬，於翌年 3 月中飛到秧苗上囓食葉片及產卵，4 月，第一代幼蟲與越冬成蟲同在分櫱期水稻囓食稻葉，5 月上、中旬水稻

孕穗期第一世代成蟲羽化，5月下旬至6月上旬，水稻抽穗期，第二代幼蟲與第一代成蟲交相爲害，常釀成嚴重災害。6月下旬水稻成熟期，第二世代成蟲羽化，於水稻收穫後，成蟲遷移田埂雜草或附近茭白筍、甘蔗田及秧苗爲害，常導致秧苗枯死。二期作水稻分蘗初期第三世代幼蟲開始危害，由於密度高，常導致稻株枯萎。第三代成蟲於8月下旬水稻孕穗期發生，此後可再繁殖一世代，但因9月下旬後，氣溫下降，成蟲開始向越冬地點遷出，待次年三月再飛出爲害。鐵甲蟲由於成蟲壽命頗長，越冬蟲壽命長達200天左右，其他各世代亦達40-50天，因此世代重疊明顯，各蟲期常可於田間同時出現，第一期作以5-6月，第二期作以8-9月被害最爲嚴重[52, 130]。在臺灣光復初期仍延用日據時代之防治方法：捕殺、燒卻，趕鴨入田捕食及灑佈除蟲菊石鹼合劑、硫酸尼古丁或菸草粉等，效果有限，直至1951年因使用合成殺蟲劑DDT及BHC始將此一害蟲有效地抑制下來。從文獻發現有關鐵甲蟲之報告自1957年後即未再出現[78]，可見此一長遠困擾臺灣農民之害蟲，因使用氯化烴殺蟲藥劑而獲得有效控制，農藥萬能之觀念亦從此深植農民心中。

在日據時代與鐵甲蟲同列爲臺灣水稻五大害蟲之一的負泥蟲（*Oulema oryzae* (Kuwayama)，屬鞘翅目，金花蟲科)，分佈於山間冷濕之地區，在平原稻田發生極少。此一害蟲在臺灣一年只發生一個世代，主要危害一期稻秧苗至分蘗期葉片，嚴重被害可導致秧苗枯死，或影響其發育、分蘗及延遲成熟。由1950年以前之文獻中，只知此一害蟲曾於1905、1906、1909、1910、1922年大發生[27]，其後據農林廳[123]全省發生面積調查資料，顯示自1966至1984年，每年發生面積自2千餘公頃至1萬1千多公頃，其中嚴重被害面積由0至576公頃，變異頗大，嚴重被害面積在200公頃以上者有1966、1967、1968、1973及1976年，其後發生面積雖仍維持在3千至6千餘公頃，但其中嚴重被害者最多至139公頃，其嚴重性顯然已大爲減少。由上述情況推測，負泥蟲在以往雖被列爲五大害蟲之一，但與其他重要害蟲比較，顯然係屬局部性重要害蟲。

導致此一害蟲發生逐漸減少，可能與殺蟲藥劑之使用有密切關係[22]。在1970以前推薦使用DDT、BHC之類藥劑防治，或與螟蟲、瘤野螟、稻苞蟲等同時防治甚有關。其後推薦於田間發現每叢稻有幼蟲2隻以上時，使用殘效較長之加保扶粒劑20 kg/ha與第一或第二次追肥混合後使用，即可獲得良好防治效果[131, 136]。自1981年以後未再發現有關負泥蟲試驗報告出現，顯然該蟲已喪失其重要性。耐人玩味的是負泥蟲即爲臺灣重要害蟲之一，但自日據時代以來，並未發現有關其在臺灣發生生態等之基礎研究報告，其他相關研究報告亦甚少，是否與此一害蟲一年只發生一世代且只限於局部地區發生有關，或者是因此一害蟲與鐵甲蟲相似成蟲期頗長，易於使用藥劑防治，致無需較詳細的生態研究？

1953年爲臺灣實施四期四年（1953-1969）經濟計畫的第一年，糧食增產又被列爲農業生產計畫之首要。根據研究人員試驗發現自西德引入之殺蟲劑—富粒多（乙基巴拉松）乳劑（Folidol E-605, parathion）對當時難予防治之莖內螟蟲之毒殺力甚強，於1954起經政府大批輸入配售農民使用，其後兩年相繼又輸入對人畜毒性較低之殺蟲劑PM乳劑及大淨濃乳劑（diazinon)，以及對螟蟲具優越防治效力之安特靈（endrin）乳劑。延至1956年第一期經建計畫完畢時，該等農藥已普遍被農民應用於水稻害蟲防治[122]。由於引入農藥逐漸增加，爲規範各種藥劑之合理使用，臺灣省農林廳將當時推廌藥劑經由農林廳植物保護推廣會議審查通過者，送請中華

植物保護學會審定，於 1960 年發行第一冊「植物保護推廣方法」，其後每一至二年出版一冊（1974 年以後改稱植物保護手冊）。1962 年臺灣省政府正式核准設立臺灣省植物保護技術審議委員會（1968 年因台北市之改制，改由經濟部聘請專家成立經濟部植物保護技術審議委員會，1984 年又因農業委員會之成立，該委員會改隸農委會，名稱改爲行政院農業委員會農藥技術諮議委員會），農藥之使用方法需經毒理審查，田間試驗，及委員會之初審、再審及決審，最後送政府採納頒發施行，使農藥之使用步入軌道。

鑑於農民使用農藥防治稻蟲業已普遍，而臺灣之工業亦漸趨發展，爲使農民能適期防治病蟲害，節省人力、經費及時間，提高防治效率，農林廳於 1961 年發動水稻病蟲害共同防治示範，證明較農民個別防治可增加產量及收益平均達 14% 左右。隨即於 1962 年至 1968 年實施稻作病蟲害共同防治五年示範計畫，在全省參加 210 個鄉鎮中，成立 321 個共同防治隊，由政府補助部份經費購買動力噴霧器及農藥，並給予防治技術之講解[10]。防治隊之作業是於政府發佈病蟲害發生預測警報後，在有效施藥期內，由農民個別或防治隊一起共同施藥。在此一計畫下，適期施藥防治是爲工作之重點。爲配合此一要求目標，提供資訊發佈警報仍成爲關健要素。爲此各區農業改良場於 1961 年起在其轄區內各鄉鎮聘請對水稻病害蟲有興趣之農家一名爲糧食作物保護速報員，經訓練其對病害蟲之鑑別及田間巡迴調查方法等技術後，每週按期將調查情報報告區改良場綜合研判後，提供訊息給防治隊採取必要措施，以期適時達到防治之目的。此項工作一直維持到 1966 年 7 月，改由臺灣省農林廳統一辦理，雇用專職之縣市預測員五十名，分派各水稻栽培區，每人負責 3-4 鄉鎮，每日從事各小區病蟲害巡迴調查，所獲資料，經各區農業改良場研判後在廣播電台，報紙及村里廣播站傳播，指導農民適時從事各種病蟲害之防治。自此，臺灣之水稻病蟲害又進入另一新里程碑，使以往過度使用農藥之現象獲得顯著之改善，且使稻穀之生產增加 10-12% 左右[67, 68]。

回顧這一段臺灣水稻害蟲防治之輝煌的歷史，由過去文獻中不難發現農業試驗研究單位是實際上負責推動這段歷史的先驅者。就研究範圍而言，在 1963 年以前主要以三化螟蟲之發生生態及藥劑防治試驗爲主，當時任職於嘉義農業試驗分所的陶家驊氏，臺灣省農業試驗所的梁同庭及李淳陽氏及國立臺灣大學的唐美逸氏等對於新殺蟲藥劑的田間防治篩選以及藥劑之毒理作用均有多篇之研究報告[38, 74, 36, 77, 82, 83, 84, 86, 88, 89, 90, 118, 207]。

三化螟（*Scirpophaga incertulas* (Walker)，屬鱗翅目，螟蟲科），又稱一點大螟，自日據時代以來即爲臺灣之水稻主要害蟲，尤以嘉南地區發生最爲嚴重。按陶家駒氏[82]及陶家驊氏[88]之分析，主要原因在於當時水利設施不良，嘉南地區水稻栽培期太複雜一區分爲一期作、黃麻延期作、中間作及二期作等，三化螟在正常一期作收穫後不虞食物匱乏，能繼續繁衍，而使二期稻遭受嚴重爲害。此種現象自 1960 年代因地下水普遍開發，以及塑膠布問世，水稻栽培期逐漸提早及規律化，使三化螟之發生密度大爲下降。1966 年以後即未再發現有關三化螟之文獻，可見其重要性已大幅下降。至 1970 年代後，除少數特殊地點，如恒春、台東、神崗及金山尙有少量發生外，在一般水稻栽培區已難發現其蹤跡。然而在 1996 年於桃園及新竹之若干地區，又發現遭受三化螟之爲害，可能與部份稻田一期作休耕，讓越冬蟲可順利越冬及減少或不施用農藥防蟲有關。

三化螟之發生量，據陶家驊氏[88]指出，凡 12 月至 3 月間溫度愈高，降雨量愈少，

爲構成一期作螟害嚴重發生之條件；第三世代螟蛾發生期（6 月中、下旬），如遇高溫乾燥或低溫多雨，二期作螟蟲發生少。蓋高溫可提高越冬世代螟蛾卵之孵化率，而少雨則早稻之栽培面積小，有利於螟蛾之集中產卵爲害，是故發生嚴重；在二期稻，如第三世代期間高溫乾燥則有利成蟲提早羽化，但因二期稻未屆種植時期，在缺乏寄生情況下，不能使其繼續產卵繁衍；如低溫多雨則因螟蛾羽化延後，在準備二期作之整田過程中，大半被殲滅，故發生輕微。此種預測方式在耕作制度已大幅改變後的今天是否仍然適用，則不得而知。

隨三化螟之式微，相反地，黑尾葉蟬、二化螟、褐飛蝨、瘤野螟及稻心蠅等自 1950 年代後期即逐漸嚴重發生。黑尾葉蟬（*Nephotettix* spp.，同翅目，葉蟬科）（早期稱黑尾浮塵子，1978 年邱瑞珍氏[61]鑑於 Cicadellidae 之拉丁文原意爲“小蟬”而倡導使用“葉蟬”取代“浮塵子”之名，在古書中浮塵子係指雙翅目蚊蚋一類的昆蟲），雖早在日據時代即有紀載，發生雖普遍但未曾有單獨爲害成災之記錄[27]，因此有關其生態延至 1968 年以後始有正式之報告出現[44, 106, 107]。在當時此一類害蟲之被重視並非因其直接爲害，而是爲其所媒介之黃萎病及黃葉病，在 1960 年左右於本省大發生所致。據陳慶忠氏[108]報告，黃萎病雖早在 1925 年前後隨二期作蓬萊稻之栽培，而於台北地區發現，其後逐漸往臺灣中南部蔓延，至 1970 年遍佈全省稻作區。惟該病在以往均零星發生，於 1960 年，突然在台中、彰化地區大發生，其後至 1972 年每年發生面積均在二萬公頃以上。至於黃葉病，係於 1960 年二期作於屏東地區發生原因不明的病害，發病面積達 13,772 公頃。其病徵包括葉片枯黃、捲縮，葉面出現銹色斑點，分蘗數減少，根部有腐敗變黑現象，當時稱之爲「窒息病」，認爲係因稻田施用有機肥，在高溫下分解，消耗土壤中原已不足之氧氣，導致稻田之缺氧所致[93]。惟此病害於 1962 年經邱人璋氏等[190]證明大部份係由黑尾葉蟬傳播之一種新的毒素病害—水稻黃葉病，主要分佈於高屏、台中、彰化及花東地區。發病面積在 1960 至 1975 年間均在 2000 - 3000 公頃至 5000 - 6000 公頃間[147]。黃萎病與黃葉病主要均在二期作發生，一期作發生面積甚微。兩種病害之發生面積均與黑尾葉蟬之族群密度與其帶毒率（或再生稻發病率）具密切關係[108]。

在 1960 年代黑尾葉蟬之族群密度是否較以往增加，因在 1966 年前缺乏具體數據，無法比較。然而黑尾葉蟬在 1962 年黃葉病嚴重發生以前，從未被重視，亦未有專以黑尾葉蟬之防治爲施藥對象的報告，可見其發生雖普遍，但爲害並未達到顯著階段是可以確定的。惟自黑尾葉蟬被證明爲黃葉病之媒介昆蟲以後，加以在 1960 至 1976 年間因黃葉病及黃萎病在臺灣嚴重發生，有許多報告指稱黑尾葉蟬日益猖獗[43, 108, 116, 117]，顯示其族群密度或確較以往爲高。鄭清煥氏[160]爲瞭解黑尾葉蟬在田間之密度，以及其直接爲害對稻穀可能造成之影響，曾於嘉南地區進行試驗調查，結果顯示，在當時田間黑尾葉蟬密度，於水稻乳熟期至糊熟期之密度，可達每掃網 60 隻以上，而當其密度超過每網 10 隻以上，即可對稻穀形成經濟爲害損失[158, 160]，可見當時黑尾葉蟬之密度確實已達相當高的密度。

導致黑尾葉蟬，及其他葉蟬與飛蝨類發生嚴重的原因，一般歸咎於農民過於頻繁且不當的施用廣效性殺蟲藥劑毒殺天敵，且引起黑尾葉蟬等對殺蟲藥劑產生抗藥性所致[116]。據邱瑞珍氏[61]綜述黑尾葉蟬及飛蝨類之天敵，在臺灣已有記載者有 38 種，包括有昆蟲、蜘蛛、線蟲及病原菌等，而以蜘蛛類，盲椿類最爲重要。然而一般用於二化螟蟲或三化螟防治之藥劑，如 BHC、lebaycid、PM、methyl parathion 及

parathion 等，對捕食性蜘蛛，如六點狼蛛（*Lycosa pseudoannulata*）及裂頭小盤蛛（*Oedothorax insecticeps*），以及絕大部份用於稻蟲防治之藥劑對盲椿象（*Cyrtorhinus lividipennis*），無論是直接接觸或經食物鏈均有很高的毒性[30, 31, 32, 33, 62]。在田間，除BHC對蜘蛛類及盲椿具較持久之毒性，如六點狼蛛在 BHC 粉劑處理後 28 天，其族群仍只有處理前之 15%；其他藥劑雖然於藥劑使用後可短暫地減少其族群密度，但約在 10 至 20 天內，捕食性天敵的族群即可恢復至施藥前的密度[185]，顯示其對天敵雖具劇毒但殘毒較短。由此可知，在 1950 至 1960 年代大力推薦使用 BHC 防治三化螟及二化螟，而使飛蝨及葉蟬類之捕食性天敵受到嚴重的毒殺，是爲引起飛蝨及葉蟬族群大幅增長的重要因素之一。此一因防治螟蟲，毒殺天敵而導致黑尾葉蟬等害蟲之猖獗發生之現象，在日本亦有許多篇報告[196, 202]。

至於黑尾葉蟬對藥劑之抵抗性，除在早期即發現 BHC 對黑尾葉蟬防治效果不佳外[122]，對黑尾葉蟬之抗藥性進行研究則延至 1972 年始有報告出現[11]。據古德業氏等之報告，在 1976 年測試發現黑尾葉蟬對 methyl- 與 ethyl-parathion 之抗藥性已分別高達 748 倍及 2247 倍之鉅，對 Kilval、Malathion、Hokbal、BPMC 之抗藥性亦分別達到 118、88、160 及 64 倍。由此可見，當時廣用於螟蟲防治之 BHC 及 parathion 之類藥劑對黑尾葉蟬可能已不產生防治效果[14, 17, 19]。

爲對付日益猖獗之黑尾葉蟬的直接與間接爲害，高雄、台南及台中區農業改良場在農復會補助下進行防治試驗，測定使用 carbaryl 於秧田及本田防治黑尾葉蟬對水稻黃葉病及黃萎病之防治效果，結果顯示在黑尾葉蟬密度高時秧田期施藥確有必要；而本田期防治，需在大面積共同防治，每間隔 10 天施藥一次，連續施藥 4 次以上才可能獲得較顯著之防治效果[58]。然而此種方法事實上並不經濟，其後改採於經常發病地區之第一、二期作間應用高性能之噴藥器具或低容量施藥技術[140]實施全面防治，並於 1967 年至 1971 年實施直昇機空中施藥處理，而獲得顯著效果[43, 67]。此外自 1972 年後，由於 3% carbofuran 粒劑之推薦於秧苗期及本田初期各使用一次，即可有效控制黑尾葉蟬之傳染毒素病[111]，而使黃萎病及黃葉病自 1975 年後逐漸式微。致於黑尾葉蟬之族群密度，依據高雄區農業改良場誘蟲燈資料以及農林廳[123]之水稻害蟲發生面積之統計資料，均顯示自 1976 年後亦呈逐年減少。但在 1990 年後，由於褐飛蝨發生嚴重性趨緩，減少藥劑使用，其族群密度又有逐漸增高之現象。

至於二化螟蟲（*Chilo suppressalis* (Walker)，鱗翅目，螟蛾科），據報告本蟲之分佈原本只局限於宜蘭地區，自 1958 年後在台中[42]，1959 年在花蓮[81]，1961 年在嘉義[87]開始被注意到其爲害，並於 1962 及 1963 年嚴重發生。據陶家驊氏[88]報告，在 1963 年於嘉南地區由其爲害所造成之損失高達 30 至 50%。至於何種原因素，導致二化螟由北部往南部蔓延而取代三化螟蟲成爲 1960 年至 1966 年間之臺灣首要害蟲則尚無詳細報告。惟據張松壽氏[96]推測，可能係二化螟對有機磷劑抗性較三化螟蟲爲強，而當時防治螟蟲均依據三化螟之生態基礎而設計，無法兼顧二化螟之發生情況所導致。

稻作輝煌期（1966 至 1982 年）— 次要害蟲之崛起及新防治策略之探索

由於二化螟的崛起，由 1966 至 1971 年間之研究主要以二化螟爲主，其中陶家驊氏及何火樹氏等多人，從事有關二化螟之發生生態及藥劑防治之研究[42, 46, 47, 81, 86, 87, 88, 94, 95]。然而自 1960 年代後期，二化螟蟲之爲害逐漸由主要害蟲變爲次要害蟲，尤以

在 1970 年代至 1980 年代初期，二化螟蟲之發生甚微，直至 1980 年代中期後才再普遍發生。導致此種族群與爲害驟幅變動之主要原因雖未完全瞭解，惟根據此段期間之耕作制度改變，推測可能與稻藁之處理方式有密切關係。蓋二化螟蟲越冬化蛹位置主要在於稻莖地面上 10-30 cm 部位[46]，而割稻部位一般在地面 10-15cm，換言之有一半以上之二化螟蟲於水稻收割後殘留於稻藁部位。在 1960 年代中期前，由於飼養耕牛的關係，稻藁常被堆積於田邊或屋旁，成蟲可順利羽化產卵繼續繁殖，但在 1960 年代中期後，臺灣種植洋菇興極一時，大部稻草被利用爲栽植洋菇材料，殘殺多數蟲源，而使二化螟蟲之猖獗發生爲之受阻。其後在 1970 年代後更因農機耕作取代牛隻工作，稻藁被堆積情況更形減少，導致二化螟蟲之發生族群每況愈下，其發生面積由 1960 年間之每年六萬餘公頃降至 1980 年左右之一萬公頃以下[123]。1984 年臺灣因稻米生產過剩，政府勵行稻田轉作，農民栽植獲利較高之園藝作物日增，利用稻草敷設畦面漸多，加上日本自臺灣進口稻草，因此稻藁被堆積又見增加。此外二期稻收割後不整地栽培中間作者日多，使二化螟在局部地區之發生量亦有逐漸增加之現象。除稻藁之處理外，劉達修氏等[146]認爲栽植中度抗螟稻種，如台農 67、台中 189、台農 70 號等及機械化栽培，如使用育苗箱替代傳統育苗減少螟蟲產卵，機械採收壓死部份越冬蟲，以及農友之普遍用藥防治，亦爲螟蟲族群在 1970 年代減少發生之原因。

幾乎在二化螟蟲崛起的同一時期，褐飛蝨（*Nilaparvata lugens* (Stål)，屬同翅目，稻蝨科）之發生密度，自 1950 年代後期亦有逐漸增加之勢，1962 年在嘉南地區大發生，被害面積達 10,000 公頃左右，1964 年褐飛蝨在全省大發生，被害面積達 25,000 公頃以上[88]，其後褐飛蝨成爲臺灣水稻之重要害蟲，每年一期作被害面積由 1 萬餘至 2 萬餘公頃，二期作輕者（1971、1972、1973、1979 年）在 5 萬公頃左右，發生嚴重年（1967、1970、1974、1975）則高達 10 餘萬公頃[123]。在台中以南地區若無使用藥劑防治，則在二期稻幾乎每年均可遭受褐飛蝨之爲害而產生「蝨燒」。此一現象一直維持至 1985 年，褐飛蝨之嚴重爲害始漸緩和[188]。

有關褐飛蝨在臺灣之發生爲害，首於 1912 年爲新渡戶稻雄氏於臺灣農事報記載，其後於 1932 由臺灣農友會出版增訂第五版之臺灣農家便覽記載之學名爲 *Liburnia oryzae Matsumura*。本蟲在臺灣之發生調查及生活史觀察則至 1934 年才有報告發表[129]。據其報告指出：「過去在記載爲害水稻之葉蟬與飛蝨共有 21 種；均稱爲浮塵子，其中以黑尾浮塵子(*Nephotettis apicalis*)、白翅浮塵子（黃姬浮塵子）(*Zygina subrufa*)、褐飛蝨(*Liburnia oryzae*)及白背飛蝨(*Liburnia furcifera*)等四種爲最重要。褐飛蝨與白背飛蝨通常發生密度很低，但環境適合時則突然造成嚴重災害。本島過去所指於稻作上造成嚴重爲害之浮塵子，幾乎均由褐飛蝨與白背飛蝨所引起。」

由此可見褐飛蝨及白背飛蝨在臺灣很早以前即爲重要害蟲之一，只是其發生爲害頻度較少而已。然而此一現象在 1960 年代即呈現很大的改變，褐飛蝨之嚴重爲害頻仍，由偶發性而成爲經常性發生之嚴重害蟲。導致褐飛蝨嚴重發生之因素並不完全瞭解，推測可能與 (1)水利改善提早一期稻作之栽植，使越冬蟲及早獲得繁殖場所；(2) 密植及增施肥料，株行距由正條密植之 20 ×25 cm 改爲寬行密植之 28 – 30 × 16 – 13 cm，肥料則由原配給制改爲自由申購，氮肥施用量大幅提高至每公頃 120 – 140 Kg。密植多肥所形成濕熱環境有利於褐飛蝨之繁殖；(3) 密集施用農藥，毒殺天敵；(4) 栽植感蟲品種等具密切關係[163]。

然而由於褐飛蝨在 1960 年代於臺灣嚴重發生的同一時期，此一害蟲在東南亞地區，日本以及韓國等亦猖獗發生為害[191]，為此有關褐飛蝨之生態與防治曾於 1976、1977 及 1985 年先後在日本、菲律賓、印尼及臺灣等地召開國際性研討會，共同研討防治對策。對於此一害蟲在亞太地區同時嚴重發生，一般認為與半矮性高產水稻品種之推廣、高氮肥之施用、水利設施之改善與連續水稻栽植，以及密植和廣效性殺蟲劑之使用具密切關連。由於褐飛蝨為一長距離遷移性害蟲，東南亞地區嚴重發生，導致其遷入臺灣地區之蟲量增加，可能為臺灣褐飛蝨嚴重發生的重要原因之一。

由於褐飛蝨在 1960 年代崛起而躍居臺灣水稻主要害蟲，在 1960 年以後之水稻害蟲研究亦以此為主。研究範圍包括的藥劑篩選[65, 73, 85, 88, 157, 170]、生態觀察[34, 35, 36, 45, 53, 54, 59, 65, 85, 88, 101, 112, 165]、對藥劑抵抗性[3, 4, 5, 16, 19, 48, 79, 199]、防治適期[141, 143, 144, 154, 172, 184, 185]、施藥方法[132, 138, 142, 154, 172, 184]、取樣技術[101]、為害損失及經濟為害基準之訂定[155, 158, 159, 183]、天敵[24, 25, 55, 61, 63, 64, 185]、藥劑對天敵之毒性[30, 33, 32, 31, 62, 185]、發生預測[56, 57, 88, 135, 165, 169, 188]、長距離遷移[134, 137, 169, 171, 200]及水稻抗性研究[166, 150, 151, 152, 153, 162, 182, 187, 189]等。對此一害蟲研究之廣泛與深入，在過去未有其他害蟲可以比擬。

褐飛蝨與白背飛蝨屬於熱帶性害蟲，在日本無法越冬，每年 6 - 7 月由中國大陸遷入繁殖為害，為有名的長距離遷移性害蟲。此兩種害蟲因在臺灣可越冬繁衍，雖其越冬量相當有限，但在早期一般仍沒考慮其有否可能自外地遷入為害。此一問題一直延至 1976 年，朱耀沂氏提醒注意褐飛蝨是否可經長距離遷入臺灣，以及其對臺灣稻作之影響[23]。其後劉清和氏於台東區農業改良場架設氣帶式捕蟲網（Air-borne net trap）偵測，發現褐飛蝨及白背飛蝨在臺灣地區亦有經長距離遷移入侵之情形[134, 200]，經劉清和氏及鄭清煥氏等分別於台東及嘉義繼續偵察、分析，發現該兩種飛蝨每年 4 月至 9 月間，確可自華南及呂宋島隨氣流遷入臺灣，6 月中旬至 7 月下旬為其遷入高峰期[135, 137, 169, 171]。導引飛蝨遷入臺灣地區之大氣形態，可區分為鋒面型、颱風及低壓環流型、西南氣流型以及太平洋副高壓環流型等。前三型可能導引飛蝨由華南遷入，而後一型則可導引飛蝨由呂宋島遷入[171, 200]。此為臺灣地區首次較有系統研究，證實害蟲可自島外遷入為害的個案。由於此一經長距離遷入為害事實之發現，使褐飛蝨在臺灣地區每年之發生豐度，得能據其遷入量以及水稻發育初期之天候條件，發展出預測程式，於褐飛蝨族群達到最高峰期之前 2 個月即能加以預測，早期提供資訊，供農民及相關人員及早準備防治措施[135, 165, 169]。

為防治褐飛蝨之猖獗為害，除篩選有效農藥提供農民應用外，積極研究褐飛蝨不同族群密度在各水稻生育期為害可能造成之損失，並藉以釐定褐飛蝨之經濟為害基準（Economic threshold），作為制定褐飛蝨施藥適期及防治效果之評估，是為改進褐飛蝨防治措施極為重要的一環。經盆栽及田間接蟲為害試驗，訂定褐飛蝨之經濟危害基準，在水稻乳熟期前為 5 - 10 隻／叢，其後為 20 隻／叢[155, 159, 183]。由於經濟為害基準之訂定，使原本須用藥劑 3 - 6 次才能防治褐飛蝨的為害，減至施藥 2 至 3 次，即能有效抑制褐飛蝨之造成經濟損失。大幅提高藥劑之合理化使用。此為臺灣地區害蟲防治導向綜合防治之開端[186]。

除藥劑防治外，水稻抗蟲品種的育成，亦為此一時期的另一項成就。在臺灣真正從事水稻抗蟲育種的工作，起於 1968 年，當時鄭清煥氏正在國際稻米研究所進修，值該所開始篩選水稻抗褐飛蝨及黑尾葉蟬的時期，因此有機會參與該項工作[205]，並將發現之抗蟲種源寄回嘉義農業試驗分

所，啓開水稻抗褐飛蝨之研究工作[98, 103]。臺灣第一個抗褐飛蝨品種嘉農秈 11 號，於 1973 年[182]與國際稻米研究所第一個抗褐飛蝨品種 IR26 同年命名推廣[194]，可見此方面之研究工作臺灣並不晚於國外。臺灣在水稻抗褐飛蝨育種工作，由於有嘉義農業試驗分所植物保護系之全力配合，負責全省抗蟲育種雜交後代之檢定工作，進展相當順利，繼第一個抗褐飛蝨品種問世後，其後由各試驗改良場所育成命名推廣之秈稻品種絕大部份對褐飛蝨均具抵抗性[100]。稉稻抗褐飛蝨育種較爲困難，因抗蟲種源均爲秈稻，首先需將秈稻之抗蟲基因以回交法導入於稉稻，作爲抗蟲之中間親本，再以此中間親本與其他農藝性狀較佳之稉稻雜交，將抗蟲基因轉移於優良品種（系）中。經過如此繁雜的改良，嘉義農業試驗分所終於 1982 年育成第一個稉稻的抗褐飛蝨品種，命名爲台農 68 號，推廣農民栽植[99]。其後於 1984 年由農業試驗所及 1985 年嘉義農業試驗分所，相繼再命名推廣台農 69 及 70 號兩個抗褐飛蝨稉稻品種提供農民栽植[100, 115]，截至 1997 年，本省育成抗褐飛蝨稻種有秈稻 11 種、稉稻 5 種、糯稻 2 種[168]。由於栽植抗蟲品種可大量減少殺蟲藥劑之使用，如栽植台農 69 號、嘉農秈 12、14 及 20 號等高度抗性品種，褐飛蝨可完全獲得抑制，其他屬於中等抗性品種，每期作可減少 1 至 2 次施用藥劑次數，隨褐飛蝨發生程度而異[153, 186]，顯示水稻抗褐飛蝨品種之育成，對臺灣之邁入水稻害蟲綜合防治極具深遠之意義。

除褐飛蝨外，水稻對黑尾葉蟬、二化螟、三化螟、白背飛蝨及斑飛蝨等害蟲之抗性，亦有初步之篩檢工作[49, 60, 148, 149, 166]，但因各種害蟲重要性之變遷，至 1990 年代謹剩水稻對褐飛蝨、白背飛蝨、斑飛蝨及二化螟之抗性檢定，併入水稻育種工作，所有新育成之高級品系，均需經過對上述四種害蟲之爲害反應測定，供命名及推廣蟲害管理之參考[168]，此種措施在無形中，可避免對上述害蟲具高度感性的品種被命名推廣。

緊隨著褐飛蝨之後，瘤野螟（*Cnaphalocrocis medinalis* (Guen′ee)（俗稱縱捲葉蟲，屬鱗翅目，螟蛾科））之發生危害亦於 1960 年代後期逐漸嚴重發生；該蟲在以往爲偶發性害蟲[27, 75]，在 1970 年前，全省二期稻發生面積在 1 萬 5 千公頃以下，1972 年後每年發生面積增至 2 萬至 3 萬 5 千公頃間[123]。在同期間，瘤野螟在中國大陸、日本以及東南亞地區亦由次要害蟲變爲主要害蟲之一[192, 204, 208, 210]，一般認爲改變栽植半矮性豐產品種、密植以及使用高氮肥等新栽培技術，爲導致此一害蟲發生嚴重之重要因素。但導致此一害蟲在東亞及東南亞地區同時嚴重發生原因之不明之處仍多，直至 1977 年 Kisimoto[195]於梅雨季在東海上同時採集到褐飛蝨、白背飛蝨與瘤野螟，而認爲瘤野螟可能與兩種稻飛蝨同屬長距離遷移性害蟲，其後經日本及中國大陸學者一連串之研究，證明中國大陸及日本發生之瘤野螟主要來自中國大陸以南地區，該蟲每年 3 月中、下旬開始遷入華南地區，然後隨水稻之成熟期分 5 次往華北地區遷移擴散，8 月下旬後又由北方分三梯次往南回遷[210]。在日本，瘤野螟則於每年 6 月中旬至 7 月中旬與稻飛蝨同一時期遷入[192, 208]；在臺灣，瘤野螟雖然已被證實可在再生稻及李氏禾等雜草上越冬[28, 29, 109]，但因該蟲天敵之寄生率頗高[105]，越冬密度甚低，其越冬世代成蟲以誘蟲燈誘集，通常不易察覺其出現高峰期，經過 2 個世代繁衍，田間被害葉率很少有超過 1% 者，但在水稻黃熟期（6 月中）出現之第二世代成蟲及 7 月上、中旬空田期出現之第三世代成蟲，在誘蟲燈之出現密度甚高，有時竟較被害較嚴重之二期稻期間出現的成蟲高峰期爲高[164, 188]；似此種不正常現象，是否表示在臺灣亦有瘤野螟之遷入？遷入蟲與本地越

冬蟲所扮演之角色如何，均有待進一步研究。而臺灣在 1970 年後瘤野螟與中國大陸、日本及東南亞地區同步趨重，是否與該蟲之長距離遷移侵入有關，深值探討。

由於瘤野螟對水稻構成危害，主要出現於二期稻孕穗末期至前穗期間，分析 1987 至 1997 年影響瘤野螟在嘉南地區二期稻發生豐度之因子，顯示 7 月中旬至 8 月下旬誘蟲燈捕蛾數與二期稻被害程度相關最爲密切（r^2=0.736），在氣象因子方面，則以 8 月之相對濕度（r^2=0.685）及 9 月之降雨天數（r^2=0.287）之相關較密切，溫度與發生量相關不明顯，可見蟲源與濕度爲影響瘤野螟在二期稻發生豐度之重要因子[188]。利用上述因子爲變因，已可能於 8 月下旬概略地預測 10 月上、中旬瘤野螟可能發生危害程度[188]。至於瘤野螟之經濟危害基準，依據瘤野螟幼蟲捲葉數、成蟲發生密度與次一世代幼蟲發生密度之相關[164]，以及被害葉率與產量損失關係[176]，初步釐定爲每叢稻平均被害葉 3 片（或 3.5%）。爲期避免危害損失，建議於孕穗末期以竹竿拍打驚擾方式，若在每平方公尺面積之稻叢內發現有成蟲 1 隻以上，7-10 天後應即施藥防治;或於抽穗期至齊穗，每叢稻平均有 2-3 齡幼蟲一隻以上，即應實施行防治。此一建議案已被農林廳接受列爲防治瘤野螟基準。

幾乎與瘤野螟之發生逐漸趨重之同時，稻心蠅（*Hydrellia philippines* Ferino，原稱稻稈蠅，屬雙翅目，水蠅科）於 1960 年代後期亦逐漸嚴重發生，尤以二期稻晚植稻被害最爲嚴重。此一害蟲在臺灣於 1973 年首由王朝輝與陳文雄氏所報導[2]，係爲一臺灣水稻新記錄害蟲。其後對該蟲續有研究報告出現，可見其對水稻之危害持續受到重視[1, 104, 161]。本蟲性喜潮濕，除水稻外，尚可爲害溝渠旁或田埂邊之四生臂草（*Brachiario distachya* (Linn)），及水稗（*Echinochloa crus-galli* Beauv.）等多種雜草[2]。對水稻之主要爲害期爲移植後至分蘗盛期之幼株期，幼蟲潛入未展開水稻心葉，取食葉緣爲害，待嫩葉抽出後被害部位形成不規則之黃化缺刻，被害株矮化，生長受阻，抽穗及成熟期延長，而影響產量及米質。在普植稻，因成蟲分散產卵爲害，被害情況一般並不嚴重，但在晚植稻，因自普植稻新羽化之成蟲集中爲害，常導致葉片嚴重被害。一期稻以 4-5 月種植者被害較重，被害葉率可達 18.9%，而二期作則以 8 月至 9 月中旬種植者被害較重，葉被害率達 30.3%；最高被害葉率在一期作（3 月 5 日植）出現於移植後 50 - 75 天，二期稻（8 月 15 日植）出現於移植後 30 - 45 天[2]。按被害葉率與稻穀損失之關係，本蟲之經濟危害基準暫訂定爲被害葉率 15 - 20%，防治適期在二期稻爲水稻移植後 15 - 20 天[161]。

在 1970 年代臺灣之糧食作物生產仍以量之增產爲主要導向，在稻作方面正大力地推行水稻生產改良技術之綜合栽培，在此一時期，稻作病蟲害之防治，推行稻種消毒，並依據病蟲害預測提供之情報，實施共同防治措施[80]，而所栽植之水稻品種則以台南 5 號爲主（40 餘萬公頃），台南 6 號次之（約 5 萬公頃）。在此單一品種栽植及高度施用藥劑的情況下，1976 年在臺灣中南部爆發了稻不稔症的嚴重爲害。在 1976 年 9 月間，農業發展委員會孫明賢及邱人璋二氏到台南縣勘察水稻不稔症，在其回程路經嘉義農業試驗分所，要鄭清煥氏用顯微鏡檢查其採集稻株上有無蟲體存在，經鏡檢赫然發現葉鞘內側充滿微小蟎體及其卵粒，狀如粉末，被害株稻頸扭曲，葉鞘及穀粒呈褐黑色，穀粒不飽滿及稻穗直立等徵狀，遂將所獲標本送當時尚在台南商品檢驗局服務之曾義雄氏鑑定爲長毛細蟎，通稱爲稻細蟎（*Steneotarsonemus medecassus Gutierrez*）。其後經送美國農部鑑定爲 *S. spinki* Smiley，兩者爲同物異名[113]。據方新政氏稱稻不稔病早於 1968 年即

在台南縣官田鄉局部發生，1974 年在該縣之官田、隆田、西庄等地續有發生，面積約為 80 公頃，被害率高者可達 60%，當時一般認為係水稻在抽穗期受天候影響導致不受粉，或認為不當使用砷劑防治紋枯病所引起之藥害[12, 13]。1975 年發生面積擴增為 218 公頃， 在 1976 及 1977 年之二期作分別增為 17,089 及 19,146 公頃，發生地區由南部擴及中、北與東部地區，其中以屏東、高雄、台南及嘉義等地發生最為嚴重。農林廳鑑於事態嚴重，於 1976 年 9 月 2 日邀請農業復興委員會、農業試驗所、中興大學、臺灣植物保護中心及各區農業改良場等專家、學者赴台南縣發生地區實地勘察，共謀對策，而發現了稻細蟎。然而由於不稔稻株褐變部位皆可分離到葉鞘腐敗病菌（*Acrocylindrium oryzae Sawada*），且稻細蟎體表又攜帶大量葉鞘腐敗病菌之分生胞子，因此不稔症到底是由稻細蟎，葉鞘腐敗病仰或因土壤中含砷量過高所致，仍無定論。其後有關專家分頭進行研究，在第一階段瞭解不稔症區之土壤含砷量均未達 30 ppm，不致引起稻株矮化及發生不稔現象（按土壤中有機砷含量達 50 ppm 以上始可引起病徵）外，對於何者為引起不稔症之主因仍爭論不休。於是在 1977 年 12 月 9 日再經農業復興委員會召開檢討會，召集中央研究院、中興大學、臺灣植物保護中心、農業試驗所、台南及高雄區農業改良場等單位專家組成研究小組，繼續對水稻不稔症之原因及防治措施進行研究。其結果於 1979 年 6 月 18 至 19 日於臺灣植物保護中心舉行水稻不稔症研討會，所有講稿刊登於植物保護學會會刊 22 卷 1 期。

綜觀水稻不稔病之研究結果，雖然對引起不稔症之主因，由稻細蟎抑或葉鞘腐敗病菌所引起見解不一，但一般以為整個不稔症旳症狀群係由稻細蟎與葉鞘腐敗病菌兩者所共同引起的。然葉鞘腐敗病菌需經由稻細蟎的攜帶，並在稻上造成傷口才能感染，所以實際上稻細蟎是引起水稻不稔病的肇端禍首[177, 179]。至於稻細蟎何以在 1976、1978 年突然大發生，大部學者推測可能為：(1)過去防治稻蟲用藥超量且過於頻繁，稻細蟎亦受防治，但其天敵由於同時遭殃，且因覓食不易而銳減；(2)稻細蟎因長期與藥劑接觸而對一般常用之殺蟲劑產生相當程度之抵抗性或交叉抵抗性。該細蟎在暫時失去天敵的控制下，族群大增，一旦碰到複雜的栽培環境—如台南官田之水稻栽植有一期作、中間作及二期作，該細蟎可經一期作，中間作而傳播於二期作造成嚴重為害，或水稻生長期中高溫潮濕的有利天候條件即易引起大發生[102, 177]。

未知何故稻不稔症在 1979 年以後即少有發現，突然間整個事件即緩和了下來。導致此種轉變之因素，並未見有任何之分析報導。惟考查稻不稔病嚴重發生時，嘉南及高屏地區之栽植稻種，在嘉南以台南 5 號及台南 6 號為主，而高屏地區則以高雄選 1 號及高雄 139 號較為普遍。由於當時栽植之台南 5 號、台南 6 號及高雄 139 號對不稔病表現極為感病[13, 40, 177]；據此推測大面積栽植同一感病之稻種再碰到水稻栽植複雜之環境可能為導致稻不稔症發生嚴重之主因。在 1978 年以後，對稻不稔症在稉稻中最呈抗性之台農 67 號逐漸取代台南 5 號，至 1981 台農 67 號在全省栽植面積高達 40 萬公頃左右成為臺灣之主要品種，而台南 5 號則由 1975 年之 40 餘萬公頃降至 1981 年之 8 萬公頃左右，此一稻種之更替以及在不稔病嚴重發生地區之改種較抗病品種及改善耕作制度，可能為稻不稔症趨於緩和之重要因素。

此外，1982 年二期稻高屏地區發現剛移植之秧苗遭受福壽螺（*Pomacea canaliculata*（Lamarck），俗稱金寶螺或蘋果螺，屬於中腹足目（Mesogastropoda）蘋果田螺科（Pilidae））之嚴重為害，該螺以其腹足抱住秧苗取食，一日可為害秧苗 10 餘株，在

螺體密度高時，秧苗常於水稻插秧後被啃食一空，引起農友的高度關切。事實上，福壽螺爲原產於南美阿根廷中部之 Patagones 地方，係屬雜食性軟體動物，喜食水生綠色植物之巨型螺類。由於其繁殖能力強，生長迅速，被認爲有利可圖，於 1979 年引入本省，1980 年開始大量養殖推廣，養殖戶遍布全省；後來發現其肉質鬆軟，不合消費者口味，且可食部份僅及螺體之 19%，增高加工成本，在內外銷均無市場情況下，紛遭棄養，流入溝渠、池塘、稻田等爲害水生植物[50, 91]。爲防治此一害螺對水稻之爲害，農林廳於 1982 年召開緊急會議謀求防治對策。臺灣省農業試驗所鄭允氏篩選出 80%聚乙醛(metaldehyde) WP 及 45%三苯醋錫(Fentin acetate) WP 兩種藥劑供緊急防治[125, 127]，嘉義農業試驗分所則發現使用菸沙及苦茶粕具防治效果，惜因使用量過於龐大，未被推薦；台中區農業改良場則針對福壽螺之生態及危害損失從事系統性觀察，建議稻田於整地後插秧前每平方公尺發現大螺 1 個，中螺 2 個或小螺 5 個以上即應採取防治措施，插秧後保持淺水狀態，並於進水口加裝阻隔網，防溝渠之螺體流入，於排水口平鋪 30 cm 長塑膠浪板，防止螺體逆水侵入稻田以杜絕螺體之爲害[50, 51]。

稻田轉作期(1984 至 1997 年)—邁向水稻害蟲之綜合防治

到 1980 年代，臺灣地區工商業開始蓬勃發展，國人飲食習慣亦隨之逐漸改變，對稻米之依賴性日趨下降，每人每年對白米消費量由 1973 年之 134.15 公斤降至 1984 年之 87.17 公斤，而外銷又因生產成本較高，無法在國際市場與美國及東南亞地區生產之稻米競爭，而導致稻米生產過剩。爲緩和倉儲之嚴重壓力，政府遂於 1984 年度起持續 12 年推行稻田轉作計畫，獎勵農民休耕或種植玉米、高梁及其他園藝作物，使稻米之生產面積減少至 51.5 萬公頃，年產量 200 萬公噸，而達到稻米供需平衡之境界。由於此一政策之推展，使臺灣地區的農田生態亦隨之改變，其結果導致若干稻蟲族群之消長變動，其中最明顯的是二化螟蟲之再崛起以及斑飛蝨族群之增長。有關二化螟蟲之再崛起於先前已有說明，於此不另贅述。至於斑飛蝨族群竄起之因緣說明如下。

斑飛蝨（*Laodelphax striatellus* (Fallen) 同翅目，稻蝨科）屬於溫帶地區害蟲，在日本、西伯利亞、歐洲等地，是爲有名傳播水稻縞葉枯病（stripe）、黑條矮化病（black-streaked dwarf）、西伯利亞燕麥嵌紋病（Siberian oat mosaic）及玉米矮化病（maize rough dwarf）之媒介昆蟲[203]，但少有因其直接爲害而影響稻穀產量之報導。在臺灣斑飛蝨雖然於日據時代即有記錄，但並無造成爲害之報告，直至 1969 年因其媒介之縞葉枯病之被發現[180]而受注意，惟該病害僅見零星發生，並未對稻作構成威脅。1984 年後，縞葉枯病全省之發病面積驟增，發生範圍亦由局部而擴及全省[110]，更因斑飛蝨族群密度之大幅增長，常對一、二期作水稻造成直接爲害，導致稻穀減產而受重視[126, 128]。引起斑飛蝨族群密度之大幅增高，可能與稻田大面積轉作玉米、高粱（均爲斑飛蝨之寄主作物）有密切關係[167]。蓋本省秋作高粱及玉米大部於 9 月以後種植，而於 12 月中、下旬至元月下旬收獲，爲此在二期作稻收獲後，斑飛蝨可遷移至高粱、玉米或冬作小麥上，並於元月份第一期稻插秧後再遷回稻田繁殖。此外，臺灣中南部，在稻田轉作後流行所謂不整地冬作栽培，保留再生稻於冬作田中，提供斑飛蝨在二期稻收獲後之充分食料以及溫暖之棲息場所，而增加蟲源之密度，亦可能爲導致斑飛蝨密度增加原因之一。分析影響斑飛蝨族群發生豐度之因子，發現蟲源爲決

定其發生量的最重要因素，增加蟲源是為導致斑飛蝨密度增加的主要因素[167]。

事實上到 1980 年代中、後期，臺灣地區之稻作蟲害防治，由於各主要害蟲之發生生態、經濟為害基準、防治適期等基本資料均已建立；對主要害蟲如褐飛蝨之抗蟲品種，以及防治上之有效藥劑均能供應。依據此等背景，稻蟲之綜合防治架構業已建立。在此一時期對水稻害蟲之防治以管制關鍵害蟲附帶防治其他次要害蟲為導向。由於褐飛蝨在此期間為臺灣地區水稻之主要害蟲，若不作適當防治，幾乎每年均可造成中至重度之危害，因此在建立稻蟲綜合防治體系時亦以該蟲為主軸，如獎勵種植抗蟲品種，建議按害蟲發生情況於水稻孕穗末期（遷入稻田繁殖後第二世代若蟲期）施藥 1-2 次；此時間施藥，可按害蟲發生情況選擇可同時防治其他各種稻飛蝨及葉蟬類害蟲，或可兼具防治瘤野螟等害蟲之藥劑施用。此一措施事實上已使以往繁複之稻蟲防治工作大為簡化，並減少施藥次數，達一半以上。此種結合害蟲發生生態、危害潛能（經濟為害基準）、作物發育特性等，制定出防治適期之防治策略，在臺灣稻蟲防治上又往前邁出一大步。

1990 年 3 月，位於桃園縣新屋鄉之桃園區農業改良場的農場發現分蘗期之水稻，植株矮化，不分蘗，葉片黃化而逐漸枯死，拔起被害稻株，發現有乳白色之幼蟲為害稻根，該蟲經朱耀沂氏鑑定，證實為遭受水稻水象鼻蟲之為害[69]。經桃園區農業改良場緊急調查，在 1990 年一期作之被害面積已達 30 餘公頃。省農林廳為防止該蟲之擴大蔓延，於同年 7 月 4 日召開會議研討緊急防治對策。

水稻水象鼻蟲（*Lissorhoptrus oryzophilus* Kuschel，鞘翅目，象鼻蟲科），為原產於美國之主要水稻害蟲，1976 年侵入日本，於 10 年間蔓延日本全國，含北海道及沖繩[201]；1988 年該蟲在南韓發現[197]；約 5 年期間蔓延時近 2/3 個水稻栽培區；1990 在臺灣發現；其擴散之速度相當驚人，但此蟲如何侵入臺灣，迄今仍然成謎。

此一新侵入之水稻害蟲在侵入臺灣後之最初三年蔓延相當迅速。據調查在 1990 年二期作竟已擴散至桃園、新竹及苗栗三個縣的 24 個鄉鎮，被害面積達 5,803 公頃，至 1991 年一期作被害稻田更擴展至 15,104 公頃，但由於農林廳全力補助藥劑提供農民防治，至二期作被害面積減至 7,005 公頃。1992 年被害面積雖再度擴張至 11,663 公頃，但因苗栗縣地區山多田少，往南蔓延受阻；而往北則受台北都會區之阻擋無法往宜蘭地區蔓延，往東則受中央山脈所阻，因此至 1993 年其分佈仍只限於苗栗、新竹及桃園三縣的範圍內[206]，1996 年越過苗栗山區向南蔓延至大安溪北岸，1997 於南投縣仁愛鄉山區稻田發現，顯示該蟲緩慢地向中南部地區稻田蔓延中。導致水稻水象鼻蟲在臺灣蔓延緩慢之原因除受地形之影響外，在發現其侵入後政府即緊急使用美國推薦於防治該蟲最有效藥劑“加保扶（carbofuran）”補助農民作全面緊急防治，使其族群受到相當大的抑制，可能為原因之一；其次，水稻水象鼻蟲棲於林地或田埂之枯枝敗葉中越冬，北部地區冬季多雨，濕度大，導致越冬蟲遭受白殭菌（*Beauveria bassiana* Balsomo）寄生者高達 30-40%[71]，減少其繁殖蟲源；再者水稻水象鼻蟲之蔓延除靠其本身隨風之飛翔習性[181, 198]，亦可藉秧苗之散佈而蔓延；然北部地區稻田分散於丘陵地間，稻作區狹長，無論冬季（10 - 3 月）之東北季風或夏季（4 - 9 月）之西南風可助其蔓延者有限，且秧苗多行南秧北運，使其靠秧苗往南散播之機會甚低；此外水稻水象鼻蟲在溫帶地區一年只發生一世代，在臺灣則一年發生兩個世代，而在二期稻成蟲遷入期（8 月）適遇高溫，不利成蟲產卵繁殖，亦可能限制其族群增長，快速往南蔓延另一因素。總

之，此一害蟲已在臺灣立足，而漸往中南部水稻栽培區擴張，其對臺灣稻穀之生產將產生至何種程度之威脅，有待來日評估。

在 1990 年代，臺灣工商業已相當發達，農村勞力嚴重外流，農業人口老化，兼業農民比例大幅增加（1991 年爲 85.96%），尤以機械化程度較高耕作省工之稻農。在此一時期，由於社會結構及生活型態急劇變動，每人每年稻米之消費量由 1984 年之 87.17 kg 降至 1991 年之 64.0 kg，導致水稻耕作面積亦由 1971 年之 74 萬公頃，降至 1991 年之 43 萬公頃[41]，此種省產稻米產銷情況，更由於 1995 年後，政府積極策劃加入世界貿易組織（WTO），必需接受該組織規範開放部份稻米進口，水稻種植面積勢必進一步縮減，而米價更將遭受衝擊。在此種內外在環境變遷下，水稻種植由以往增產時期之精耕方式逐漸粗放，農民已不再汲汲於追求高產量，對病蟲害防治，亦只求不構成嚴重災害即可。除此之外，由於國人環保意識抬頭，鼓吹永續農業經營，甚或有機栽培，化學藥劑使用驟降，而生物防治及耕作防治等非化學病害蟲防治方法逐漸受重視。面臨此一情勢之發展，稻蟲之發生嚴重性竟意外地趨於緩和，如於 1970 及 1980 年代嚴重發生頻度很高之褐飛蝨只在 1996 年中度發生，其他害蟲亦少有嚴重發生之紀錄。導致此種現象之原因可歸納如下數點：1)由於減少農藥使用次數，且因選擇性農藥，如布芬淨（buprofezin）、益達安（imidacloprid）及派滅淨（pymetrozine）等陸續推薦於農友使用，逐漸取代廣效性之有機磷劑、氨基甲酸鹽系劑及合成除蟲菊等類藥劑，天敵數逐漸增加，減少害蟲之再猖獗發生現象；2)新推廣稻種均經抗褐飛蝨、白背飛蝨及斑飛蝨檢定，降低極感性稻種之種植；3)臺灣臨近地區，如華南及越北等地，因獎勵栽植抗蟲品種及使用選擇性藥劑，使長距離遷移性害蟲，褐飛蝨、白背飛蝨等害蟲獲得較佳的控制，導致其遷入臺灣地區蟲量減少[188, 193]。殺蟲劑使用減少後，對稻田節肢動物可以維持一個較穩定的生態系，爲期這一生態系日趨穩定，對於如何加強害蟲之生物環境阻力以及重要害蟲之發生預測，已成爲目前及今後極待加強之研究課題。

結　　語

由過去水稻發生及研究沿革，可發現水稻害蟲之發生種類在 1945 年以前與目前並無很大變異，但主要害蟲則隨社會及耕作制度之演變而迭有變動。此種現象如在改變耕作制度之前，未能詳加考量可能引起之害蟲因素，則在將來仍將繼續演變下去。

在害蟲的研究方面，1945 年以前主要在於害蟲的調查與鑑定工作，1950 年至 1970 年間由於處於糧食增產時期及新合成藥劑相繼問世，事實上研究工作之主要內容在於篩選藥劑及各種害蟲防治施藥技術之改進研究，其結果雖大幅地提高稻穀之生產量，但卻亦與其他先進國家相同，由於藥劑掛帥，引起次要害蟲等之猖獗爲害，使得稻穀之生產更加依賴藥劑之惡性循環。因鑑於過度依賴藥劑防治所引起之弊端，在 1971 至 1980 年代，水稻害蟲之研究漸朝害蟲綜合防治體系之建立而努力；諸如藉害蟲之族群變動之調查，爲害損失之測定與經濟爲害基準之釐定以制定害蟲之防治適期，導引農藥之合理使用以及積極篩選對天敵毒性較低或影響較小的藥劑；另一方面積極篩檢抗蟲種源並與育種人員配合，培育主要害蟲之抗蟲稻種，以期藉抗蟲品種之栽植以及合理適時的使用選擇性或對天敵影響較小的藥劑，使天敵能立足於田間進一步發揮抑制害蟲之效果。事實上，此一策略之運用，在 1980 年代中期即顯示良好之成果，水稻害蟲之防治由原來每期作需施藥處理 4 至 6 次以上減至 1 至 2 次，非但減少防治成本，顯著地提升害蟲

之天敵之密度[185]。

如上所述，臺灣稻作隨著社會之演變需求，歷經積極獎勵增產期、高峰期以及衰退轉形期，水稻害蟲之發生情況一直隨著稻品種、耕作方式、新害蟲的侵入及社會環境之外圍環境以及人爲之病蟲害防治策略而改變。回首過去 50 餘年來走過的路，不難發現稻蟲在政府獎勵稻穀增產，農民精耕，使用藥劑防治病害蟲頻度最高時期，其發生危害最爲嚴重。由此可見端賴農藥一途並無法解決蟲害問題，雖然它可能暫時抑制一種害蟲的重要性，但同時卻可引發其他原屬次要害蟲之猖獗發生危害，而導致害蟲發生與農藥更迭的惡性循環。解決之道，唯有在該惡性循環中加入其他非農藥之防治策略，如抗蟲品種、改善耕作方式、物理防治等藉以減緩害蟲族群之快速增殖，藉以減少農藥之使用頻度，才能改善環境，讓被農藥毒殺壓抑的天敵得以活化來抑制害蟲之族群密度，如此才能將害蟲發生之惡性循環導入善性循環的軌道。從水稻害蟲防治的體驗中，再度證明單靠任何一項防治方法均無法完全有效地防治一種作物之所有害蟲，惟有綜合多項防治技術於一體之綜合防治策略，才能有效而持久地管理作物蟲害問題。

由於過去多年稻蟲生態與防治工作的體驗，發現大部分害蟲之發生與水稻發育期具密切關係；由兩者關係中，不難發現害蟲的族群高峰（主要危害期）與水稻的某一生長期相當一致，只是每年害蟲之族群密度因受害蟲之蟲源豐度以及氣候之影響而有高低之別。欲獲得經濟有效之害蟲防治，防治適期以釐定於害蟲族群高峰出現之前一世代幼蟲期效果最佳；而於防治期需否施藥防治以及施藥頻度，則需配合害蟲發生預測其族群密度來決定。

稻蟲之發生即隨社會演變，耕作方式等外在環境變化，今後唯有對其發生生態隨環境之演變持續加以觀察，才能隨時調整防治策略，使其更臻於完善，以符合時代之需求。此外，作物保護應以對象作物爲主體，將病、蟲及草害等作整體考量，有系統的規劃，來制定一套管理策略。目前在臺灣，水稻病、蟲及草害雖各有一套防治策略，但如何將之整合爲一綜合管理體系，則有待有關專家之進一步合作努力。

參考文獻

1. 王雪香 1979 稻桿蠅生態調查與藥劑防治試驗。pp. 312-313，民國六十六年度臺灣省政府農林廳所屬各場所農業試驗工作報告。
2. 王朝輝、陳文雄 1973 稻桿蠅。pp. 46-58，嚴奉琰編，臺灣水稻之害蟲。臺灣大學植物病蟲害系昆蟲研究室編印，台北。
3. 王順成、古德業 1983 臺灣中部地區褐飛蝨和黑尾葉蟬之抗藥性發展趨勢，科學農業 31: 306-314。
4. 王順成、古德業、朱耀沂 1988 臺灣中部地區褐飛蝨抗藥性地區差異之研究。植保會刊 30: 52-58。
5. 王順成、古德業、朱耀沂 1988 四種殺蟲劑及其混合劑選汰後褐飛蝨之抗藥性型態。植保會刊 30: 59-67。
6. 王鼎定 1947 臺灣農藥概況。臺灣農林月刊 1(3-4): 34-40
7. 王鼎定 1948 糧食作物病蟲害防治。臺灣農林月刊 2(9): 19-20
8. 王鼎定 1949 臺灣之蝗蟲。臺灣農林月刊 3(1): 87-92
9. 王鼎定 1957 光復後臺灣水稻害蟲防治。植病蟲通訊 4(3.4): 1
10. 王鼎定、范國洋 1968 稻作病蟲害共同防治五年 (1962-1967) 示範計畫實施總報告。臺灣農業 4(2): 124-128。
11. 方敏男 1972 台中區黑尾浮塵子抗藥性之初步試驗觀測。臺灣農業 8(4): 105-

114。
12. 方新政 1976 水稻不稔症之初步探討。台南區農改場油印報告，3。
13. 方新政 1980 水稻不稔症之發生原因及其防治試驗。植保會刊 22: 83-89。
14. 古德業、王順成 1976 水稻黑尾葉蟬對常用殺蟲藥劑之抗藥性現狀研究。臺灣農業 12: 99-109。
15. 古德業、王順成 1977 農藥混合使用對水稻主要害蟲之毒效研究(Ⅰ)殺蟲劑混合使用時對黑尾葉蟬及褐飛蝨之毒效影響。臺灣農業 13(2): 84-98。
16. 古德業、王順成 1977 水稻褐飛蝨對常用殺蟲劑抗藥性現狀之研究。臺灣農業 13(4): 9-18。
17. 古德業、王順成 1978 水稻黑尾葉蟬對常用藥劑之抗性現狀研究(II)。植保會刊 20: 21-32。
18. 古德業、王順成、洪霈濃 1977 農藥混合使用對水稻主要害蟲之毒效研究(II)殺蟲劑間混合使用和殺蟲劑與殺菌劑混合使用對褐飛蝨之毒效影響。臺灣農業 13(4): 29-48。
19. 古德業、辛竹英、王順成 1976 常用殺蟲劑對水稻褐飛蝨和黑尾葉蟬之抗藥性研究。臺灣農業 12(3): 148-164。
20. 未具名 1950 今年稻作的鐵甲蟲。臺灣農林 10(4): 47。
21. 未具名 1952 怎樣防治鐵甲龜。中國農村復興委員會編印，10頁。
22. 朱耀沂 1973 負泥蟲。pp.14-17，嚴奉琰編臺灣水稻之害蟲，臺灣大學植物病蟲害系昆蟲研究室編，台北。
23. 朱耀沂 1976 飛蝨類之長距離移動及其對本省稻作影響之探討。pp.14-25。稻作與糧食害蟲研討會專輯，臺灣植物保護中心，台中。
24. 朱耀沂、王清澄 1972 六點狼蛛之研究(Ⅰ)外部形態及生活習性。植保會刊 14: 169-174。
25. 朱耀沂、王清澄 1973 六點狼蛛之研究(II)外部形態與生活習性。植保會刊 15: 13-20。
26. 朱耀沂、劉瑞芬 1981 僞黑尾浮塵子在不同禾本科植物上之食痕數及蜜露排泄量之比較。植保會刊 23: 243-253。
27. 朱耀沂、鄭清煥 1996 臺灣光復前水稻害蟲研究之沿革。植保會刊 38:79-98。
28. 朱耀沂、何坤耀、李玉珊 1982 瘤野螟在臺灣北部田間棲群之週年調查。中華昆蟲 2: 91-98。
29. 朱耀沂、何坤耀、李玉珊 1983 不同寄主植物對瘤野螟生長之影響。中華昆蟲 3: 75-92。
30. 朱耀沂、何琦琛、陳碧珠 1975 數種殺蟲劑對褐飛蝨 (*Nilaparvata lugens* Stål 黑尾浮塵子 (*Nephotettix cincticeps* Uhler) 及其捕食性天敵六點狼蛛 (*Lycosa pseudoannulata* Boes. et Str.) 之相對毒性。植保會刊 17: 424-430。
31. 朱耀沂、何琦琛、陳碧珠 1976 BPMC 與 Unden 對六點狼蛛（*Lycosa pseudoannulata*）捕食行爲之影響。植保會刊 18: 42-57。
32. 朱耀沂、林鼎翔、穆萃 1976 九種防治二化螟殺蟲藥劑對水稻害蟲及其捕食性天敵之相對毒性。植保會刊 18:369-376。
33. 朱耀沂、林鼎翔、穆萃 1976 Padan, Ofunack 及 Sumithion 對六點狼蛛 (*Lycosa pseudoannulata* (Boes. et Ser.)) 和裂頭小盤蛛 (*Oedothorax insecticeps* (Boes. et Ser.)) 捕食量之影響。植保會刊 18: 377-390。
34. 朱耀沂、楊平世、石正人 1984 冬季水稻休耕田中褐飛蝨族群密度之調查。植保會刊 27: 117-134。
35. 朱耀沂、賴麗秀、賴紫薇、烏曉天 1984 褐飛蝨卵及初齡幼蟲耐寒性之研究。中華昆蟲 4: 1-26。

36. 朱耀沂、洪士程、賴紫薇、陳禹西 1986 臺灣北部地區褐飛蝨 (*Nilaparvata lugens* (Stål)以卵期越冬之探討。植保會刊 28: 123-132。
37. 李仍亮 1950 談臺灣水稻病蟲害防治的今昔。臺灣農林 4(23): 28-29。
38. 李淳陽、洪文堯 1965 Parathion 及 Endrin 對一點螟初孵化幼蟲之殘毒作用程序，特別論及莖葉噴液劑對幼蟲防治無常效之若干問題討論。農業研究 14: 62-69。
39. 李淳陽、洪文堯 1966 水稻二化螟蟲田間單次施藥試驗簡報。農業研究 15: 39-41 。
40. 李新傳 1980 抗螨害不稔症水稻品種田間篩選試驗。植保會刊 20: 91-100。
41. 李增泉 1997 臺灣的糧食產銷問題。科學農業 45: 119-128。
42. 何火樹 1963 台中二化螟蟲之生態觀察及防治試驗。植保會刊 5: 289-294。
43. 何火樹 1971 臺灣中部地區主要作物病蟲害與其防治問題。臺灣農業 7(4): 106-115。
44. 何火樹、陳慶忠 1968 黑尾浮塵子之生態研究(1)。植保會刊 10: 15-36。
45. 何火樹、劉達修 1969 台中區褐飛蝨生態觀察。植保會刊 11: 33-42。
46. 何火樹、劉達修 1970 台中地區水稻二化螟蟲之生態研究。臺灣農業 6(1): 7-14 。
47. 何火樹、劉達修 1971 水稻二化螟蟲發蛾盛期之推定。臺灣農業 7(4): 77-84。
48. 林幼華 1978 本省褐飛蝨(*Nilaparvata lugens* Stål) 對 MIPC 及 MTMC 抗藥性之研究。國立中興大學昆蟲學研究所碩士論文 pp.46。
49. 林再發 1971 水稻品種對二化螟蟲抵抗性之研究。臺灣農業 7(4): 163-170。
50. 林金樹 1985 福壽螺爲害水稻損失估計。台中場研究彙報 11: 43-52。
51. 林金樹 1986 福壽螺之生態觀察。台中場研究彙報 13: 59-66。
52. 林珪瑞 1953 鐵甲蟲發生密度及習性之觀察暨其爲害損失與驅除對策之商榷。臺灣農林 7(11): 9-12。
53. 林珪瑞 1958 從稻飛蝨的習性及發生情形談稻蝨之驅除。植物病蟲通訊 5(4): 89-91。
54. 林珪瑞 1970 稻田小氣候與稻飛蝨發生關係之觀察。植保會刊 12: 184-189。
55. 林珪瑞 1974 臺灣僞黑尾葉蟬及褐飛蝨之寄生天敵。農業研究 23: 91-115。
56. 林燦隆、劉達修 1984 水稻田四種昆蟲之自我迴歸整數差分移動平均(ARIMA)模式。植保會刊 26: 121-134。
57. 林燦隆、劉達修、陳秋蘭 1986 水稻田四種昆蟲族群密度預測模式。植保會刊 28: 289-312。
58. 邱人璋 1971 水稻黃葉病。pp. 155-178，邱人璋編，稻作病害。中國農村復興聯合委員會刊印，台北。
59. 邱明德 1970 水稻褐飛蝨之生態研究。臺灣農業 6(1): 143-152。
60. 邱明德 1971 水稻品種對二化螟蟲感受性初步觀察。植保會刊 13: 121-126。
61. 邱瑞珍 1978 水稻僞黑尾葉蟬與褐飛蝨之天敵。pp. 47-82，邱人璋編，水稻病蟲害：生態與流行學。中國農村復興聯合委員會刊印，台北。
62. 邱瑞珍、鄭清煥 1976 防治稻蟲藥劑對稻飛蝨葉蟬類捕食性天敵之毒性。植保會刊 18: 254-260。
63. 邱瑞珍、龍艷華 1975 稻飛蝨與葉蟬之捕食性天敵—黑盲椿象與綠盲椿象 (摘要)。植保會刊 17: 452。
64. 邱瑞珍、朱耀沂、龍艷華 1974 裂頭小盤蛛 (*Oedothorax insecticeps* Boes. et Ser.; Micryphantidae) 之外部形態與生活習性。植保會刊 16: 153-161。
65. 周文德 1970 褐飛蝨之生態考察暨藥劑

防治初步試驗。臺灣農業 5(3): 128-141。

66. 周文德、鄭清煥 1971 抗黑尾葉蟬及褐飛蝨水稻品種田間試驗觀察。農業研究 20: 68-75。
67. 洪汝煌 1971 臺灣稻作保護工作。臺灣農業 7(4): 63-75。
68. 洪汝煌、田春門 1973 臺灣稻作病蟲害之發生與防治適期研究。臺灣農業 9(1): 68-120。
69. 施錫彬 1991 臺灣新發現之水稻水象鼻蟲生態。桃園區農改場研究報告 7: 61-67。
70. 施錫彬 1992 水稻水象鼻蟲族群變動及防治。桃園區農改場研究報告 11: 33-45。
71. 施錫彬 1996 桃園地區水稻水象鼻蟲之遷移及危害評估研究。桃園區農改場研究報告 27: 31-41。
72. 孫定國 1966 有害動物。pp.41-56，臺灣植物保護工作（1940-1965），昆蟲篇（劉延蔚先生六十歲紀念文集），355pp.。
73. 唐美逸 1966 數種新藥劑對水稻褐飛蝨之毒力測定。科學農業 14: 116-117。
74. 唐美逸、周延鑫 1963 Imidan. 巴拉松等防治三化螟蟲之田間試驗。植保會刊 5: 1-7。
75. 貢穀紳 1954 燈光誘集瘤野螟之分析。農林學報 3: 77-95。
76. 梁同庭 1956 三化螟蟲藥劑防治試驗及其生態調查。農學會報(新)(16): 74-75。
77. 梁同庭 1957 使用 Diazinon 乳劑防治水稻螟蟲所應注意的三小事。植病蟲通訊 4(1): 6。
78. 梁同庭、劉顯修 1957 DDT、BHC 粉劑對水稻鐵甲蟲成蟲藥效比較試驗。農業研究 7: 23-31。
79. 章加寶 1985 臺灣中部地區水稻主要害蟲褐飛蝨(*Nilaparvata lugens* Stål)及黑尾浮塵子(*Nephotettix cincticeps* Uhler)對數種常用殺蟲劑抗藥性之探討。國立臺灣大學植物病蟲害學刊 12: 78-88。
80. 許東耀、詹千倉、張彩泉 1986 優良品種與生產技術示範推廣。pp.152-180，四十年來臺灣地區稻作生產改進要輯，黃正筆先生農學會基金會版，台中。
81. 許兩順 1964 花蓮水稻二化螟蟲爲害習性調查及藥劑防治試驗　植保會刊 6: 36。
82. 陶家駒 1953 臺灣三化螟蟲防治問題之檢討。臺灣農林 7(5): 12-16。
83. 陶家驊 1956 水稻螟蟲田間藥劑防治試驗與藥劑對於螟卵寄生蜂影響之研究簡報。植病蟲通訊 2(4): 8-12。
84. 陶家驊 1957 三化螟蟲藥劑防治之田間試驗。植病蟲通訊 4(3.4): 1-8。
85. 陶家驊 1963 稻飛蝨及浮塵子生態考查及其藥劑防治試驗初步報告。植保會刊 5: 90-98。
86. 陶家驊 1966 臺灣三化螟及二化螟害蟲問題。科學農業 14: 273-288。
87. 陶家驊 1966 臺灣二化螟發生猖獗誘因之研究。植保會刊 8: 173-202。
88. 陶家驊 1966 水稻害蟲。pp.285-302，臺灣植物保護工作：昆蟲篇(1940-1965)，335pp。
89. 陶家驊、湯慶銓 1960 臺灣三化螟蟲生態考查及其藥劑防治適期之商討。植保會刊 2: 75-82。
90. 陶家驊、湯慶銓、余健敏 1960 水稻三化螟遷移期藥劑防治試驗(摘要)。植保會刊 2: 109。
91. 張文重、鄭允 1982 福壽螺之生態與防治。興農月刊 162: 8-14。
92. 張石林 1959 水稻病蟲害防治要點。農友 10(10): 8。
93. 張守敬 1962 臺灣水稻窒息病研究之現階段成果。農復會技術報告 PID-234(油印)。

94. 張松壽 1968 水溫對二化螟蟲口密度影響之研究。植保會刊 10: 59-66。
95. 張松壽 1968 水稻二化螟越冬幼蟲在臺灣休眠之研究。植保會刊 10(3): 57-61。
96. 張松壽 1973 水稻二化螟蟲。pp. 81-107，嚴奉琰編 臺灣水稻之害蟲，臺灣大學植物病蟲害系昆蟲研究室編印，台北。
97. 張松壽、顏福成 1960 新有機磷劑對三化螟蟲防治效果試驗成績(摘要)。植保會刊 2: 110。
98. 張萬來 1970 水稻品種 mudgo 雜交第一世代後裔(F1)對褐飛蝨抵抗性之初步觀察。科學農業 18: 390-392。
99. 張萬來 1982 水稻台農 68 號。豐年 32(22): 37-38。
100. 張萬來 1983 水稻抗褐飛蝨之遺傳與育種。臺灣農業 15(6): 31-41。
101. 陳秋男 1977 水稻褐飛蝨 *Nilaparvata lugens* (Stål) 之生態。pp.1-22，邱人璋編，水稻病蟲害：生態學與流行學，中國農村復興聯合委員會刊印，台北。
102. 陳秋男、程建中、蘇文瀛、何坤耀 1980 稻細蟎之生態與水稻不稔症之關係。植保會刊 20: 63-82。
103. 陳隆澤、張萬來 1971 水稻品種 Mudgo 對褐飛蝨抵抗性之遺傳。農業研究 20: 57-60。
104. 陳啓吉 1998 台中地區稻心蠅發生與產量損失調查。民國八十七年度臺灣省政府農林廳所屬各場所試驗研究計畫上半年度執行報告。台中區農業改良場應用動物小組 p.6。
105. 陳健忠、邱瑞珍 1983 臺灣縱捲葉蟲天敵之調查。中華農業研究 32: 286-291。
106. 陳慶忠 1970 臺灣黑尾浮塵子 (*Nephotettix impicticeps* Ish.) 之生態研究。植保會刊 12(2): 79-90。
107. 陳慶忠 1972 黑尾浮塵子之生態研究 V. 臺灣之種黑尾浮塵子之分佈調查。植保會刊 14: 41-45。
108. 陳慶忠 1978 水稻黃萎病之流行學。pp.139-166，邱人璋編，水稻病蟲害：生態學與流行學，中國農村復興聯合委員會出刊印，台北。
109. 陳慶忠、王玉沙 1978 臺灣中部稻縱捲葉蟲生活史及水稻品種抵抗性調查。臺中區農業改良場研究彙報 2:59-70。
110. 陳慶忠、柯文華 1989 臺灣水稻縞葉枯病流行學研究。植保會刊 31: 290-303。
111. 陳慶忠、張念台、王玉沙、柯文華 1980 水稻育苗箱施用粒劑防除毒素病效果之探討。台中區農業改良場研究彙報（新）3: 42-47。
112. 楊平世 1983 褐飛蝨在臺灣冬季之生態研究。國立臺灣大學植物病蟲害研究所博士論文 177pp.。
113. 曾義雄 1978 臺灣引起水稻不稔症細蟎之學名及中名用語之商榷。植保會刊 20: 175-176。
114. 黃正華 1986 臺灣地區四十年來稻作生產改進之成果。pp.3-16，四十年來臺灣地區稻作生產改進專輯，黃正華先生農學獎學金基金會出版，台中。
115. 黃真生、卜瑞雄、陳正昌、鄭清渙 1985 水稻台農 69 號之育成。中華農業研究 34: 125-134。
116. 黃添盛 1973 臺灣新式殺蟲劑之引用與稻作害蟲發生之變遷及其對策。臺灣農業 9(2): 181-186
117. 黃添盛 1975 臺灣稻飛蝨及浮塵子類發生猖獗之可能誘因。臺灣農業 11(1): 133-138。
118. 湯慶銓 1961 三化螟在水稻不同生長時期爲害習性觀察及藥劑防治效果分析。植保會刊 3: 149-152。
119. 農林廳 1946 病蟲害。臺灣農林 1: 120-121。
120. 農林廳 1951 台北縣宜蘭區蛾水螟蛉之防治。臺灣農政報告 3:7。

121. 農林廳 1951 三十九年度臺灣水稻害蟲防治概況。農村通訊 5(5): 48-51。
122. 農林廳 1965 糧食作物保護。臺灣農業 1(5): 83-84。
123. 農林廳 1985 臺灣省水稻病蟲害發生預測 1966-1984。臺灣省政府農林廳出版。
124. 農林廳 1994 臺灣農業年報。臺灣省政府農林廳出版。
125. 農試年報 1983 福壽螺防治方法之研究。pp.137-138，民國 71 年臺灣省農業試驗所年報。霧峰，台中。
126. 農試年報 1985 斑飛蝨棲群之季節性消長。pp.132-133，民國 73 年臺灣農業試驗所年報。霧峰，台中。
127. 農試年報 1986 福壽螺防治研究。p.128，民國74年臺灣農業試驗所年報。霧峰，台中。
128. 農試年報 1986 斑飛蝨之生態觀察。p.113，民國74年臺灣農業試驗所年報。霧峰，台中。
129. 福田計 1934 トビイロウンカ(*Liburnia oryzae* Mats.)に關する調查研究。臺灣總督府中央研究所農業部彙報 99: 1-19。
130. 福田計 1937 イネトゲトゲに關する調查。臺灣總督府中央研究所農業部彙報 30: 1-24。
131. 劉清和 1977 負泥蟲之發生及其防治。pp.26-29，主要稻作與糧食害蟲，臺灣植物保護中心，台中。
132. 劉清和 1979 水稻褐飛蝨防治方法之改進研究。臺灣農業 15(4): 58-66。
133. 劉清和 1981 水稻負泥蟲防除技術改進試驗。植保會刊 23: 179-186。
134. 劉清和 1987 褐飛蝨遷移時間及高度分佈之研究。中華昆蟲 7: 45-48。
135. 劉清和 1988 臺灣地區褐飛蝨猖獗要因之分析。中華昆蟲 8: 119-130。
136. 劉清和、許天賜 1981 水稻負泥蟲防除技術改進試驗。植保會刊 23: 179-186。
137. 劉清和、鄭清煥、陳慶忠、王雪香、朱耀沂 1989 1987 年飛蝨類由海外遷入臺灣地區之概況。中華昆蟲 9: 1-12。
138. 劉達修 1973 超低容量農藥地面撒佈防治水稻主要病蟲害效果試驗。植保會刊 15: 70-75。
139. 劉達修 1974 數種超低容量農藥地面撒佈應用技術及藥效之研究。植保會刊 16: 119-126。
140. 劉達修、林滄海 1971 農藥低溶量施藥防治水稻主要病蟲害效果試驗。臺灣農業 7(4): 144-162。
141. 劉達修、張德前 1978 在水稻不同生育期防治褐飛蝨對其棲群及水稻產量之影響。植保會刊 20: 313-320。
142. 劉達修、張德前 1979 降低藥量對稻飛蝨及黑尾葉蟬之防治效果。植保會刊 21: 383-390。
143. 劉達修、張德前 1981 台中區一期稻飛蝨及葉蟬類之防治適期。植保會刊 23: 169-178。
144. 劉達修、張德前 1984 褐飛蝨藥劑防治的效益評估。植保會刊 26: 109-120。
145. 劉達修、鄭清煥 1980 防治水稻黑尾葉蟬藥劑田間篩選試驗。中華農業研究 29: 1-11。
146. 劉達修、王文哲、王玉沙 1991 台中地區二化螟蟲多發生地區猖獗因子之研究。中華昆蟲 11: 300-309。
147. 蔡武雄、簡錦忠 1986 臺灣稻作病害與防治。pp.181-198。四十年來臺灣地區稻作生產改進專輯，黃正華先生農學獎學金基金會出版，台中。
148. 鄭清煥 1966 水稻品種對三化螟蟲抵抗性之初步觀察(一)。植保會刊 8: 154-162。
149. 鄭清煥 1970 水稻品種對三種黑尾葉蟬之交叉抵抗性研究。國科會研究彙刊 1: 237-279。
150. 鄭清煥 1971 施用氮肥對水稻抵抗褐飛

蝨之影響。農業研究 20(3): 21-30。
151. 鄭清煥 1973 水稻品種對褐飛蝨之抵抗性研究。中正科學技術研究講座計畫總報告。油印本 pp.91。
152. 鄭清煥 1975 褐飛蝨之新生物小種及其與抗蟲品種間之相互作用。臺灣省農試所研究彙報 32: 29-41。
153. 鄭清煥 1976 新育成抵抗褐飛蝨水稻品種(系)室內抗蟲反應及田間表現。中華農業研究 25: 259-268。
154. 鄭清煥 1978 水稻褐飛蝨之防治。pp.95-112。蘇仲卿等合編，中央研究院五十週年院慶學術研討會專輯，昆蟲生態與防治，中央研究院動物研究所刊行，專刊第三號。
155. 鄭清煥 1978 水稻褐飛蝨的經濟危害水平之研究，I 在褐飛蝨各棲群密度施藥防治對稻穀收量及收益之影響。中華農業研究 27: 229-236。
156. 鄭清煥 1978 臺灣一、二期作稻蟲害發生情形及其對產量之影響。pp.191-205，謝順景及劉大江編，臺灣二期作稻低產原因及其解決方法研討會專輯、行政院國家科學委員會出版。
157. 鄭清煥 1979 若干殺蟲藥劑對褐飛蝨卵的毒殺效果。興大昆蟲學報 14: 17-21。
158. 鄭清煥 1979 褐飛蝨及黑尾葉蟬對水稻產量損失估計。植保會刊 18: 147-160。
159. 鄭清煥 1979 水稻褐飛蝨的經濟爲害水平之研究，II 褐飛蝨棲群密度與水稻產量損失之關係。科學發展月刊 7: 1103-1114。
160. 鄭清煥 1980 第一期稻作黑尾葉蟬棲群成長型式及其直接爲害經濟防治適期之研究。興大昆蟲學報 15: 133-144。
161. 鄭清煥 1984 稻心蠅爲害取樣調查方法及危害損失評估。pp.44-55，行政院農業委員會重點研究計畫七十三年度試驗研究報告“病蟲害與作物損失及取樣調查”，臺灣省農業試驗所嘉義分所編印。
162. 鄭清煥 1985 「田間抗蟲型」稻種對褐飛蝨抵抗性檢定方法之研究。中華昆蟲 5: 11-18。
163. 鄭清煥 1986 臺灣稻作害蟲與防治。pp.195-218，四十年來臺灣地區稻作生產改進專輯，黃正華先生農學獎學金基金會出版，台中。
164. 鄭清煥 1987 嘉南地區瘤野螟之生態觀察 植保會刊 29: 135-146。
165. 鄭清煥 1990 嘉南地區褐飛蝨族群動態及其發生預測之研究。中華昆蟲 10: 1-26。
166. 鄭清煥 1991 臺灣作物抗蟲育種之研究與發展。pp.99-126，近年來臺灣昆蟲學之研究發展研討會專刊，中華昆蟲特刊第七號。
167. 鄭清煥 1993 嘉南地區斑飛蝨之族群動態及發生預測之研究。pp.34-49，行政院農業委員會農業綜合調整方案試驗研究報告“水稻病蟲害防治技術改進研究”臺灣省農業試驗所嘉義分所編印。
168. 鄭清煥 1995 水稻害蟲之綜合防治。pp.166-178，林俊義、洪梅珠編，永續農業研究及推廣研討會專輯，中華永續農業協會編印。
169. 鄭清煥 1997 氣候因子對水稻褐飛蝨長距離遷移及其族群豐度之影響。pp. 163-120。杜金池與楊純明編，氣象因子與作物病蟲害發生研討會論文輯，中華農業氣象學會出版。
170. 鄭清煥、劉達修 1978 防治水稻褐飛蝨藥劑田間比較試驗。中華農業試驗研究 27:1-11。
171. 鄭清煥、盧瑞良 1990 褐飛蝨及白背蝨由海外遷入嘉南地區之偵測及其氣象條件。中華昆蟲 10: 301-324。
172. 鄭清煥、劉達修、邱明德 1977 防治褐飛蝨減少施藥次數的試驗初報。臺灣農業 13: 99-104。

173. 鄧火土 1952 稻作的天敵—鹽水螟蚣。臺灣農林 6(3): 43-44。
174. 鄧火土、劉肅雍 1951 禾蟲—水蜈蚣之研究。臺灣省水產試驗所四十年度試驗報告，49pp.。
175. 鄧火土、劉肅雍 1951 禾蟲的生活史及生活習性。臺灣省水產試驗所四十年試驗報告，49pp.
176. 顏福成 1981 水稻縱捲葉蟲之發生及防治適期研究。臺南區農業改良場研究彙報 15: 81-93。
177. 羅幹成、何琦琛 1980 稻細蟎之研究。植保會刊 22: 1-10。
178. 簡錦忠 1978 臺灣一、二期作稻病害發生情形及其對產量之影響。pp.179-190，謝順景、劉大江編，臺灣二期作稻低產量原因及其解決方法研討會專輯。行政院國家科學委員會出版。
179. 簡錦忠 1980 稻葉鞘腐敗病之研究及其對不稔症發生關係。植保會刊 22: 31-39。
180. 謝氏拌鈺、邱人璋 1969 臺灣水稻新毒素病—稿葉枯病（摘要）。植保會刊 11: 75。
181. Asayama, T., and Nakagome, T. 1992. Invasion and spread of the rice water weevil, *Lissorhoptras oryzophilus*, in Japan. pp. 88-103, Hirai K. (ed.), Establishment, Spread and management of the rice water weevil and migratory rice insect pests in East Asia. NARC, Tsukuba, Japan.
182. Chang, W. L., and Cheng, C. H. 1974. Sources of resistance and breeding rice for resistance to brown planthopper and bacterial leaf blight. Paper presented to IRRC, April 22-25, 1994. 14 pp. (Mimeograph).
183. Chen, C. N., and Cheng, C. C. 1978. The population levels of *Nilaparvata* lugens (Stål) in relation to the yield loss of rice. Pl. Prot. Bull. 20: 197-209。
184. Cheng, C. H. 1981. Chemical control of the brown planthopper with special referrence to its population dynamics. Chinese J. Entomol 1: 73-103.
185. Cheng, C. H. 1983. Studies on the integrated control of brown planthopper *Nilaparvata lugens* (Stål) in Taiwan. Thesis for Dr. of Agric. Tokyo Univ., Tokyo, Japan. 335pp.
186. Cheng, C. H. 1984. Studies on integrated control of brown planthoppers, *Nilaparvata lugens* (Stål) in Taiwan. Chinese J. Entomol, 4: 149-167.
187. Cheng, C. H. 1985. Interactions between biotypes of brown planthopper and rice varieties. J. Agric. Res. China 34: 299-314.
188. Cheng, C. H. 1997. Overseas immigration and population trend of migratery insect pests of rice in Taiwan. pp.58-87, Proc. Migration and management of insect pests of rice in monsoon Asia, China Nat. Rice Res. Int. Hangzhou, P.R.C.
189. Cheng, H., and Chang, W. L. 1979. Studies on varietal resistance to brown planthopper in Taiwan. pp. 251-271, Brown planthopper: Threat to rice production in Asia, IRRI, Los-Banos, philippines. 369pp.
190. Chiu, R. J., Lo, T. C., Pi, C. L., and Chen, M. H. 1964. Transitory yellowing of rice and its transmission by the leafhopper *Nephotettix apicalis* (Motsch.). Bot. Bull. Acad. Sinica 6: 1-8.
191. Dyck, V. A., and Thomas, B. 1979. The brown planthopper problem. pp. 3-17, Brown planthopper: Threat to rice production in Asia, IRRI. Los Banos,

Philippines. 369pp.

192. Hirao, J. 1982. Ecology and chemical control of the rice leafroller. Japan Pesticide Inform. 41: 14-17.

193. Huang, B.C., Zhang, Y., Boa, H.L. Tan, Y. Z., Chen, H.Y., Yang, L. M., Yuan, J.Y. and Zhu, S. X. 1997. Studies on the migratory occurrence and integrated management of brown planthopper in Guangdong of South China. pp. 248-253, Proc. Migration and management of insect pests of rice in monsoon Asia. China Nat. Rice Res. Ins. Hangzhou, P.R.C.

194. IRRI 1974. New variety. p. 144, The International Rice Research Institute Annual Report for 1973. IRRI, Los-Banos, Philippines.

195. Kisimoto, R. 1978. Surveys of trans-oceanic migration insects on the East China Sea in 1977. Abstract paper presented in 22nd annual meeting of Jap. Soc, Appl. Ent. Zool. pp.62.

196. Kobayashi, T. 1961. The effect of insecticide application to the rice stem borer on the leafhopper population. Special rept. On pest forecasting No. 6, 126 pp.

197. Lee, C. T. and Chang, T. H. 1989. Observation on the larva of *Lissorhoptrus oryzophilus* Kuschel of Korea (Coleoptera: Carculionidoe). Korea J. Entomal 16: 15-18.

198. Lee, Y. I. 1992. Landing, settling and spreeding of the rice water weevil in Korea. pp. 42-57, Establishment, spread and management of the rice water weevil and migratory rice insect pest in East Asia. NARC, Tsukuba. Japan.

199. Lin, Y. H., Sun, C. N., and Feng, H. T. 1979. Resistana of *Nilaparnata lugens* to MIPC and MTMC in Taiwan. J. Econ. Entomol. 72: 90-93.

200. Liu, C. H. 1984. Study on the long-distance migration of the brown planthopper in Taiwan. Chinese J. Entormol. 4: 49-54.

201. Matsui, M. 1987. Expansion of distribution area of the rice water weevil and the methods of controlling the insect pest in Japan. JARQ 20: 166-173.

202. Miyashita, K. 1963. Outbreaks and population fluctuations of inscets, with special reference to agricultural insect pests in Japan. Bull. Nat. Inst. Agric. Sci. Ser. C. 15: 99-170.

203. Mochida, O., and Okada, T. 1971. A list of the Delphacidae (Homoptera) in Japan with sepecial reference to host plants, transmission of plant diseases, and natural enemies. Bull. Kyushu Agric. Expt. Stn. 15: 737- 843.

204. Pathak, M. D. 1975. Insect pests of rice, IRRI, Los Banos, Philippines. 68 pp.

205. Pathak, M. D., Cheng, C. H., and Fortuno, M. E.. 1969. Resistance to *Nephotettix impicticeps* and *Nilaparvata lugens* in varieties of rice. Nature 223 (5205): 502-504.

206. Shih, M. P., and Cheng, C. H. 1992. Present status of rice water weevil *Lissorhoptrus oryzophilus* Kuschel in Taiwan. pp.21-38, Establishment, spread, and management of the rice water weevil and migratory rice insect pests in East Asia. Hirai K. (ed.), Nat. Agric Res. Cent., Tsukuba, Japan.

207. Tao, C. H., Tang, C.C., and Yu, J. M. 1963. Control of paddy borer (*Schoenobius incertulas* Walker) on the second rice crop in Taiwan from 1958 to 1961. Pl. Prot. Bull.

5:179-184 ·

208. Wada, T., and M. Kobayashi. 1991. Life history of the rice leaffolder, *Cnaphalocrocis medinalis* in Japan–Invasion, population explosion and dispersal. pp.61-70, Migration and dispersal of agricultural insects. Nat. Inst. Agro-Environm. Sci. Tsukuba, Japan.

209. Xuyen, T. T. 1997. Ecology and IPM of the brown planthopper on rice crop in the red river delta. pp.124-149, Migration and management of insect pests of rice in monsoon Asia. Chine Nat. Rice. Res. Int. Hangzhou. P.R.C.

210. Zhang, X. X. 1991. Migration of rice leafroller, *Cnaphalocrocis medinalis* Guen'ee in China. pp. 41-50, Migration and dispersal of agricultural insects. Nat. Inst. Agro-Environm. Sci. Tsukuba, Japan.

ABSTRACT

Cheng, C. H.[1], and Chiu Y. I.[2] 1999. Review of changes involving rice pests and their control measures in Taiwan since 1945. Plant Prot. Bull. 41: 9-34. ([1]Department of Plant Protection, Chiayi Agricultural Expetriment Station, TARI, Chiayi, Taiwan, R.O.C.; [2]Department of Entomology, National Taiwan University, Taipei, R.O.C.)

Since 1945, rice production in Taiwan underwent periods of reconverting, boosting, topmost and declining (or diversion). The most threatening insect pests of rice and their control measures during each period varied greatly according to cultural practices and societal resources. Although the paddy borer (*Scirpophaga incertulas* (Walker))、rice hispa (*Hispa similis* Uhmann)、rice leafbeetle (*Oulema oryzae* (Kuwayama)) as well as plant and leafhoppers were the most threatening before 1950, the population of the former two species declined to negligible levels due to a uniform planting period and wide use of insecticides. Changes in cultural practices, such as heavier fertilizer, closer planting and intensive use of insecticides, although markedly increasing grain yield of rice, it successively induced the problem of the stem borer (*Chilo suppressalis* (Walker))、rice green leafhoppers (*Nephotettix* spp.)、brown planthopper (*Nilaparvata lugens* (Stål))、whorl maggot (*Hydrellia philippina* Ferino)、rice leaffolder (*Cnaphalocrocis medinalis* (Guenée))、rice tarsonemid mite (*Steneotarsonemus spinki* Smiley) and smaller brown planthoppers (*Laodelphax striatellus* (Fallen)). Among those, the abundance of brown planthopper and rice leaffolder, commonly known as long-distance migratory insect pests, were also seriously affected by their migration from overseas neighboring rice areas. In addition, the apple snail (*Pomacea canaliculata* (Lamarck)) and the rice water weevil (*Lissorhoptrus oryzophilus* Kuschel) which invaded Taiwan in 1982 and 1990, respectively, impacted rice production to a certain extent. To combat these insect pests, most investigations from 1950 to 1970 focused on the effeciency of chemical control. Over use of insecticides resulted in resistance and resurgence of insect pests. Therefore, a series of studies have been conducted since 1970 to initiate integrated insect pest management approach, including varietal resistance、sampling technigues、economic threshold、timing of chemical application and forecasting of major insect pests. Consequently, insecticide applications declined over 50% either owing to economic threshold and timing, or cultivated rice resistance to major insect pests. Insecticide applications further declined to 1 or 2 times in a cropping season in 1990's due to enhanced stability of the crop environment. The article describes not only possible factors causing a change of major rice insect pests up and down, but also the progress in control measures for these insect pests since 1945 in Taiwan.

(Key words: rice insect pests, control measures, research progress)